

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-037149

(43)Date of publication of application : 06.02.1996

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
G03B 27/32  
G03F 7/207

(21)Application number : 07-072874 (71)Applicant : NIKON CORP  
(22)Date of filing : 30.03.1995 (72)Inventor : IMAI YUJI

(30)Priority

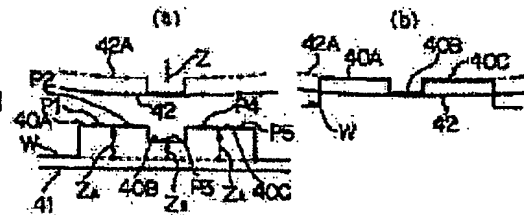
Priority number : 06103847 Priority date : 18.05.1994 Priority country : JP

## (54) PROJECTION TYPE ALIGNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform exposing by setting each shot region, under an optimum condition, to the focusing surface of a projection type optical system, not depending on the surface condition (projected or recessed) of the shot region of a photosensitive substrate.

CONSTITUTION: Position in the direction Z is detected at the measuring points P1 to P5 on the shot region of a wafer W and distribution of projected and recessed areas on the shot region is obtained from the detected result and known data of process structure. For instance, when a pattern of the narrowest line width is exposed to the pattern region 40B, a level difference ( $Z_A - Z_B$ ) of the other region obtained with reference to that pattern region 40B is added as the offset to the height of the best focusing surface 42, considering the pattern region 40B as the reference surface for focusing. The pattern region 40B is focused to the best focusing surface 42 by setting the exposing surface to the focusing surface 42A after the addition.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A projection optical system which projects a mask pattern on a photosensitive substrate, and a substrate stage which holds said substrate and positions said substrate in a flat surface vertical to an optic axis of said projection optical system, A focal leveling stage which adjusts an angle of inclination of said substrate, and height of an optical axis direction of said projection optical system of said substrate, A projection optical system which projects an image of a pattern for focus detection aslant to an optic axis of said projection optical system using a nonphotosensitive light to said photosensitive substrate on a measure point of plurality in an exposure region by said projection optical system, A light-receiving optical system which condenses catoptric light from said two or more measure points, and carries out re-image formation of the image of a pattern for focus detection on said two or more measure points, Two or more photoelectric detection means to generate a detecting signal corresponding to each amount of strike slips of two or more images in which re-image formation was carried out by this light-receiving optical system, In a projection aligner which has a control means which controls operation of said focal leveling stage based on a detecting signal from a photoelectric detection means of this plurality, based on a process structure of each detecting signal of said photoelectric detection means corresponding to said two or more measure points, and an exposure surface of said substrate, A projection aligner establishing a calculating means which calculates an offset value for doubling a base level of a focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every.

[Claim 2] Where an image of a pattern for said focus detection is projected into an exposure region by said projection optical system from said projection optical system, A detecting signal of said photoelectric detection means to correspond, respectively in two or more measure points distributed the whole surface in said exposure region by driving said substrate stage and running said substrate is searched for, A detecting signal of said photoelectric detection means in two or more measure points when said calculating means is distributed all over said, And the projection aligner according to claim 1 calculating an offset value for doubling a base level of a focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every based on a process structure of an exposure surface of said substrate.

[Claim 3] The projection aligner according to claim 1 or 2 making light flux used when projecting an image of a pattern for said focus detection into an exposure region by said projection optical system from said projection optical system into light flux which has the bandwidth of not less than 100 nm.

[Claim 4] On an optical path to [ out of said projection optical system ] said two or more photoelectric detection means, The projection aligner according to claim 1, 2, or 3 arranging an optical filter for carrying out entropy of the wavelength sensitivity characteristic of light flux used when projecting an image of a pattern for said focus detection into an exposure region by said projection optical system from said projection optical system.

[Claim 5] The projection aligner according to claim 1, 2, 3, or 4, wherein said calculating means amends a desired value according to height of an image formation face by said projection optical system using an offset value independently calculated for said two or more measure points of every.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the projection aligner especially provided with the focus detecting device for focusing of a sensitized substrate about the projection aligner which transfers mask patterns, such as a circuit pattern, on the sensitized substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art]When projection exposure of the patterns (or photo mask etc.) of reticle is conventionally carried out via the projection optical system of high resolving power with a projection aligner on sensitized substrates (a wafer, a glass plate, etc. in which the photoresist layer was applied), The work which makes the exposure surface of a sensitized substrate agree correctly in the image formation face of the pattern of reticle, i.e., focusing, serves as an indispensable thing. In recent years, while the depth of focus of a projection optical system becomes narrow, the actual condition is that the thing using i line with a wavelength of 365 nm as illumination light for exposure is also obtained only for the depth of about \*\*0.7 micrometers. For the projection view field of a projection optical system to tend to increase every year, to continue all over a large exposure view (for example, 22 mm squares), and to secure the big depth of focus as much as possible is desired.

[0003]thus, in order to perform focusing good all over a large exposure view, use any -- it is required that both the surface smoothness of the subregion (shot region) on the sensitized substrate which enters in the exposure view and surface smoothness (namely, a curvature of field and an image surface inclination are small) of an image formation face should be good. Among these, about a curvature of field and an image surface inclination, there is also a thing depending on the optical performance of the projection optical system itself which the flatness of reticle and parallelism become a factor although it is [ however ] large. on the other hand -- the subregion on a sensitized substrate, i.e., 1 time of a projection exposure field, (shot region) -- each time -- display flatness, although it is alike to that extent by a sensitized substrate and different, When only a fine amount leans the electrode holder holding a sensitized substrate, it is possible to set up the surface and the image formation face of a shot region on a sensitized substrate in parallel.

[0004]Thus, as the technique of also taking into consideration inclination on the surface of one shot region on a sensitized substrate, and performing focusing, the art indicated by JP,S58-113706,A, JP,S55-1348,A, etc. is known. In JP,S55-1348,A, the spot of an optical beam is projected on four on a sensitized substrate especially via a projection optical system, and the art of carrying out photoelectric detection of the spot image by the catoptric light, and performing focusing of a sensitized substrate and inclination correction (leveling) is indicated.

[0005]However, since the latest semiconductor devices accumulate the pattern of much complicated structure on a substrate and are manufactured, the surface smoothness of the exposure surface on a sensitized substrate tends to worsen. Therefore, the state of unevenness in the shot region on a sensitized substrate is measured, and development of the art of doubling the average field of that shot region with the image formation face by a projection optical system in consideration of this measuring result is performed. For example, in JP,H2-198130,A, Fix the position of the optical axis direction of the projection optical

system of a sensitized substrate, and the sensitized substrate is moved, By measuring the position (focusing position) of the optical axis direction of a projection optical system in two or more measure points in the shot region on a sensitized substrate, and calculating the average value of this measuring result, The surface position detection method which calculates the offset value of the focusing position resulting from the structure of the pattern in the shot region or a difference of arrangement is indicated. In this method, the average focusing position in consideration of the unevenness in a shot region is measured by applying that offset value to the measuring result of the focusing position in the measure point of each shot region, for example, a center.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In the conventional projection aligner, the offset value of the focusing position was calculated as mentioned above by equalizing the focusing position measured in two or more specific measure points in a predetermined shot region. However, actually, by process structures (arrangement, a level difference, etc. of a pattern), the state of unevenness of the exposure surface of each shot region of a sensitized substrate is various, and cannot ask for the shape of the average field of each shot region correctly only by equalizing the focusing position in two or more specific measure points. Therefore, there is inconvenience that the case where the average field of each shot region cannot be stored within the limits of the depth of focus to the image formation face of a projection optical system according to an exposure process if arrangement, a level difference, etc. of the pattern in each shot region on a sensitized substrate change arises.

[0007]It was difficult not to double the average field of each shot region with an image formation face, and to double the field [ a field ] to make it focus preponderantly with an image formation face by the conventional method, even when it seems that he wants the field where a pattern with the narrowest line width is exposed, for example in each shot region to focus preponderantly. This invention does not depend on the state of unevenness of each shot region of a sensitized substrate in view of this point, but it aims at providing the projection aligner which can be exposed by doubling each shot region with the image formation face by a projection optical system in the optimal state.

[0008]

[Means for Solving the Problem]A projection optical system (PL) to which a projection aligner by this invention projects a mask pattern (R) on a photosensitive substrate (W), A substrate stage (21) which holds the substrate and positions the substrate in a flat surface vertical to an optic axis (AX) of a projection optical system (PL), A focal leveling stage (20) which adjusts an angle of inclination of the substrate, and height of an optical axis direction of a projection optical system (PL) of the substrate, A projection optical system (1-6) which projects an image (ST) of a pattern for focus detection aslant to an optic axis (AX) of a projection optical system (PL) at two or more measure points (P1-P5) in an exposure region (SA) by a projection optical system (PL) using a nonphotosensitive light to the photosensitive substrate, A light-receiving optical system (7-10) which condenses catoptric light from a measure point of these plurality, and carries out re-image formation of the image of a pattern for focus detection on a measure point of these plurality, Two or more photoelectric detection means (15, 13, 17) to generate a detecting signal corresponding to each amount of strike slips of two or more images in which re-image formation was carried out by this light-receiving optical system, In a projection aligner which has a control means (30, 18) which controls operation of a focal leveling stage (20) based on a detecting signal (FSA-FSe) from a photoelectric detection means of these plurality, A detecting signal of a photoelectric detection means in a measure point of these plurality to correspond, and a process structure of an exposure surface of a substrate (W) (a pattern) [ and ] Based on a level difference etc., a calculating means (30B) which calculates an offset value for doubling a base level (40B) of a focus on a substrate (W) with an image formation face (42) by a projection optical system (PL) independently for every measure point of these plurality is established.

[0009]In this case, where an image (ST) of a pattern for those focus detection is projected into an exposure region (SA) by a projection optical system (PL) from that projection optical system, By driving a substrate stage (21) and running a substrate (W), In two or more

measure points distributed the whole surface in an exposure region (SA), search for a detecting signal of a photoelectric detection means to correspond, respectively, and a calculating means (30B). A detecting signal of the photoelectric detection means in two or more measure points distributed all over the, And it is desirable to calculate an offset value for doubling a base level (40B) of a focus on the substrate with an image formation face (42) by a projection optical system (PL) independently for every measure point of these plurality based on a process structure of an exposure surface of the substrate.

[0010]It is desirable to make light flux (IL) used when projecting an image (ST) of a pattern for focus detection into an exposure region (SA) by a projection optical system (PL) from the projection optical system into light flux which has the bandwidth of not less than 100 nm. On an optical path to [ out of the projection optical system ] a photoelectric detection means of these plurality, It is desirable to arrange an optical filter (60) for carrying out entropy of the wavelength sensitivity characteristic of light flux used when projecting an image (ST) of a pattern for focus detection into an exposure region by a projection optical system (PL) from the projection optical system.

[0011]As for a calculating means (30B), it is desirable to amend a desired value according to height of an image formation face (42) by a projection optical system (PL) using an offset value independently calculated for every measure point of these plurality.

[0012]

[Function]According to this invention, as shown, for example in drawing 8 (a), the image of the pattern for focus detection is projected on the measure point (P1-P5) of the plurality in the exposure region by the projection optical system on a substrate (W). Re-image formation of these images is carried out by the light-receiving optical system, and the detecting signal (FSa-FSe) corresponding to the amount of strike slips of the image by which re-image formation was carried out is outputted from a photoelectric detection means (for example, pixel in the array sensor 15 of drawing 7). In an oblique incidence method, since the amount of strike slips of these images by which re-image formation is carried out is proportional to the position (focusing position) of the optical axis direction of the projection optical system (PL) of a corresponding measure point mostly, the focusing position (these are made into  $Z_1 - Z_5$ ) of a measure point corresponding from these detecting signals is called for.

[0013]However, actually, as shown in drawing 8 (a), the pattern which is irregular according to the exposure process till then etc. may be formed in the exposure surface of a substrate (W). When there is such unevenness and the field (for example, it turns out that it is the field hollow from the periphery) where a pattern with the narrowest line width is exposed is made into a field (40B), it is desirable to double this field (40B) with an image formation face (42). In this case, since the value (focusing position) of the detecting signal measured, for example in the measure point (P3) is the smallest, it turns out that that measure point (P3) is on a field (40B). Then, the field (40B) as a base level of the focus on a substrate (W). Let the detecting signal corresponding to the difference ( $Z_A - Z_B$ ) of the height of the base level (40B) and other exposure surfaces (40A, 40C) be an offset value in other measure points (P1, P2, P4, P5) based on the data of a process structure. The offset value in a measure point (P3) is 0.

[0014]Then, for example, if focus and leveling are performed based on the value which deducted the offset value from the actually detected detecting signal, as shown in drawing 8 (b), a base level (40B) will focus to an image formation face (42). As two or more measure points (P1-P5) on a substrate (W) show drawing 5, when [ of an exposure region (SA) ] mostly arranged on the diagonal line, By scanning a substrate (W) to a determined direction (the direction of X) to the projection image of the pattern for the focus detection on these measure points (P1-P5), the detecting signal in the measure point distributed all over almost [ of the exposure region (SA) ] is acquired. Therefore, even when complicated concavo-convex distribution is all over the exposure region (SA), the predetermined portion (for example, field where a pattern with the narrowest line width is exposed) of the surface of the concavo-convex distribution is made into a base level. Let the detecting signal corresponding to the difference of the height of this base level and other portions be an offset value in

each measure point. Thereby, the base level can be made to focus.

[0015]Next, other examples of the procedure for performing the focus and leveling. For example, based on the detecting signal according [ on drawing 8 (a) and ] to a photoelectric detection means first, and a process structure, It is calculating the offset value according to the difference ( $Z_A - Z_B$ ) of the height from a base level (40B) to other fields (40A, 40C), and adding this offset value to the level of a detecting signal according to the height of the image formation face (42). The field corresponding to this added result turns into a field (42A) as shown with a dashed line. Then, by controlling the height of a substrate (W), for example by a least square method so that the difference of the detecting signal and the detecting signal of a field (42A) of each measure point (P1-P5) becomes the minimum, as shown in drawing 8 (b), a base level (40B) focuses to a actual image formation face (42).

[0016]The light flux (IL) used when projecting the image (ST) of the pattern for focus detection into the exposure region (SA) by a projection optical system (PL) from the projection optical system, When it is considered as the light flux which has the bandwidth of not less than 100 nm, the adverse effect of the thin film interference in the photosensitive materials (photoresist etc.) on a photosensitive substrate (W), etc. are reduced. On the optical path to [ out of a projection optical system ] the photoelectric detection means of these plurality, When the optical filter (60) for carrying out entropy of the wavelength sensitivity characteristic of the light flux used when projecting the image (ST) of the pattern for height detection into the exposure region by a projection optical system (PL) from the projection optical system has been arranged, Even if the light intensity distribution for every wavelength of the illumination light for focus detection is uneven like drawing 15 (a), As shown in drawing 15 (d), the wavelength characteristic of the detecting signal acquired from a photoelectric detection means becomes flat by setting up the transmissivity distribution of the optical filter (60) like drawing 15 (b), so that it may become the characteristic almost contrary to the light intensity distribution. Therefore, height detection can be performed correctly, without being greatly influenced by the signal of specific wavelength.

[0017]

[Example]Hereafter, with reference to Drawings, it explains per working example of the projection aligner by this invention. Drawing 1 is a figure showing the focus detecting system of the TTL (through the lens) method which detects the best focus side (image formation face) of a projection optical system among the projection aligners of this example. In drawing 1, the reticle R by which pattern space PA of the circuit for actual device manufacture was formed in the undersurface is held at the unillustrated reticle electrode holder. The optic axis AX of projection optical system PL which was divided into the pre-group and the rear group on both sides of diaphragm side (pupil surface) EP, and was expressed typically passes along the center of the reticle R, i.e., the center of pattern space PA, vertically to the reticle pattern side. The Z-axis is taken in parallel with the optic axis AX, and a Y-axis is taken for the X-axis at right angles to the space of drawing 1 in parallel with the space of drawing 1 in a flat surface vertical to the Z-axis.

[0018]Z and the leveling stage 20 which holds the wafer W in which photoresist was applied under the projection optical system PL are formed on XY stage 21. Only slight quantity (for example, less than  $\pm 100$  micrometers) moves the wafer W in the optic-axis AX direction, and Z and the leveling stage 20 perform focusing, and controls the angle of inclination of the wafer W, and performs leveling. XY stage 21 carries out two-dimensional movement of the wafer W in an XY plane vertical to the optic axis AX, and the coordinates of the direction of X of XY stage 21 and the direction of Y are always measured by the unillustrated laser interferometer.

[0019]Reference mark board FM is being fixed to the upper surface of Z and the leveling stage 20 in the height position almost equal to the surface of the wafer W. The slit mark ISy of the structure which has arranged two or more transmission type slits extended in the direction of X, respectively as shown in drawing 2 (a) at this reference mark board FM at constant pitch in the direction of Y, The slit mark ISx of the structure which has arranged two or more transmission type slits extended in the direction of Y at constant pitch in the direction of X, and the slit mark ISa aslant extended in the direction which will be 45 degrees to each of the direction of X and the direction of Y are formed. These slit marks ISx, ISy, and

ISa vapor-deposit a chromium layer (light shielding layer) to the entire surface of reference mark board FM made from quartz, and engrave it there as area pellucida.

[0020]Return to drawing 1 and under reference mark board FM (inside of Z and the leveling stage 20), The ejection end of the mirror M1, the object lens 50 for Lighting Sub-Division, and the optical fiber 51 is provided, it is condensed with the object lens 50 and the illumination light from the ejection end of the optical fiber 51 irradiates with both the slit mark ISx on reference mark board FM, ISy, and ISa from the back side. The beam splitter 52 is formed in the incidence edge side of the optical fiber 51, and illumination-light IE for exposure is introduced into the optical fiber 51 via the lens system 53. Although it is desirable to obtain from the light sources for Lighting Sub-Division of the reticle R (a mercury lamp, an excimer laser, etc.) as for the illumination-light IE, a light source for exclusive use may be prepared independently. However, when using another light source, it is necessary to make it the illumination light of the illumination light for exposure, an identical wavelength, or the wavelength very near it.

[0021]The Lighting Sub-Division conditions of reference mark board FM by the object lens 50 are doubled with the Lighting Sub-Division conditions in projection optical system PL at the time of pattern projection as much as possible. namely, the numerical aperture (N.A.) of the illumination light by the side of the image of projection optical system PL and the numerical aperture (N.A.) of the illumination light from the object lens 50 to reference mark board FM — about — it is made to do one Now, with such composition, if illumination-light IE is introduced into the optical fiber 51, from the slit mark ISx on reference mark board FM, ISy, and ISa, the image light bunch which enters into projection optical system PL will occur. In drawing 1, the position of the optic-axis AX direction of Z and the leveling stage 20 shall be set up so that the surface of reference mark board FM may be slightly located caudad from the best image formation face (conjugate side with reticle) Fo of projection optical system PL. It passes along the center of pupil surface EP of projection optical system PL, after condensing in the field [ pattern surface side / of the reticle R ] Fr below shifted slightly, it emits, and the image light bunch L1 generated from one on reference mark board FM at this time returns the original optical path, after reflecting by the pattern surface side of the reticle R. The field Fr is in reference mark board FM and a conjugate optically position about projection optical system PL here. It returns so that the image light bunch from the slit mark ISx of reference mark board FM, ISy, and ISa may carry out regular reflection to projection optical system PL being both-sides telecentric system on the undersurface (pattern surface side) of the reticle R and it may superimpose on the slit mark ISx, ISy, and ISa again.

[0022]However, if reference mark board FM has shifted from the image formation face Fo like drawing 1, When the reflected figure in which each slit mark ISx, ISy, and ISa faded is formed on reference mark board FM and reference mark board FM is in agreement with the image formation face Fo, The field Fr will also be in agreement with the pattern surface side of the reticle R, and on reference mark board FM, the sharp reflected figure of each slit mark ISx, ISy, and ISa will be overlapped on each mark, and will be formed. Drawing 2 (b) expresses typically the relation of the slit mark ISx and the reflected figure IMx when reference mark board FM has defocused. It is projected on the both-sides tele slit mark ISx whose reflected figure IMx is an own source in this way in centric projection optical system PL. And if reference mark board FM has defocused, the reflected figure IMx will become larger than the shape dimension of the slit mark ISx, and the illumination per unit area will also fall.

[0023]Then, the slit mark ISx of the origin of the reflected figures made on reference mark board FM, The light flux of the image portion which was not shaded by ISy/ISa is led to the optical fiber 51 via the mirror M1 and the object lens 50, and the light flux ejected from the optical fiber 51 is received with the photoelectric sensor 55 via the beam splitter 52 and the lens system 54. The acceptance surface of the photoelectric sensor 55 is arranged at pupil surface (Fourier transformation plane) EP of projection optical system PL, and the almost conjugate position. In the composition of drawing 1, the contrast signal for determining the image formation face of projection optical system PL can be acquired only by moving Z and the leveling stage 20 to a sliding direction (Z direction).

[0024]Drawing 3 (a) and (b) expresses the signal level characteristic of the output signal KS

of the photoelectric sensor 55, respectively, and a horizontal axis expresses the position of the Z direction of Z and the leveling stage 20, i.e., the height position of the optic-axis AX direction of reference mark board FM. Drawing 3 (a) shows a signal level when back projection of the slit mark ISx, ISy, and the ISa is carried out to the chromium portion within the pattern surface side of the reticle R, and drawing 3 (b) shows a signal level when back projection of these slit mark is carried out to the square (transparent area) within a pattern surface side. usually, the chromium portion of reticle is vapor-deposited by the glass (quartz) board by a thickness of about 0.3–0.5 micrometer, and the reflectance of a chromium portion is markedly boiled rather than the reflectance of a square with a natural thing, and is large. however, the reflectance in a square -- perfect -- zero -- \*\*\*\*\* -- since -- although it becomes quite small as a signal level like drawing 3 (b), a square is also possible for detection. Generally, since the reticle for actual device manufacture has high pattern density, it is thought that there is very little probability where all the back projection images of the slit mark ISx, ISy, and ISa start the square (transparent area) in a reticle pattern simultaneously.

[0025]in the case of which, carry out -- if it is moved in the direction of the optic axis AX so that the surface of reference mark board FM may cross the best image formation face Fo, the level of the output signal KS will serve as the maximal value by position  $Z_0$  of a Z

direction. By therefore, the thing for which the position of a Z direction when the position and the output signal KS of a Z direction of Z and the leveling stage 20 are measured simultaneously and the level of the output signal KS becomes the maximum is detected. The position of the best image formation face Fo can be found, and, moreover, it becomes detectable [ the best image formation face Fo ] in the arbitrary positions in the reticle R by this detection system. Therefore, if the reticle R is set to the object side of projection optical system PL, is clear and is, a focusing position (the best image formation face Fo) is measurable absolutely in projection view Nouchi's arbitrary positions at any time. The detection error of the best image formation face Fo which the chromium layer of the reticle R is 0.3–0.5-micrometer thickness as stated previously, and is produced with this thickness, When projecting magnification of projection optical system PL is set to one fifth (reduction), it becomes  $x(0.3-0.5) (1/5)^2$ , i.e., 0.012–0.02 micrometer, and most this is a value which can be disregarded.

[0026]Next, although AF system (focal position detection system) of the oblique incidence light type of this example is explained with reference to drawing 4, a multipoint AF system shall be adopted here. With a multipoint AF system, the point of measurement which measures a position gap (what is called a focal gap) of the optical axis direction of the wafer W is established in two or more places of projection view Nouchi of projection optical system PL. In drawing 4, nonphotosensitive illumination-light IL illuminates the slit plate 1 to the photoresist on the wafer W. And the light which passed along the slit of the slit plate 1 irradiates with the wafer W aslant via the lens system 2, the mirror 3, the diaphragm 4, the object lens 5 for floodlighting, and the mirror 6. If the surface of the wafer W is located in the best image formation face Fo of projection optical system PL at this time, image formation of the image of the slit of the slit plate 1 will be carried out to the surface of the wafer W with the lens system 2 and the object lens 5. The angle of the optic axis of the object lens 5 and a wafer surface is set up for about 5–12 degrees being, and the center of the slit image of the slit plate 1 is located in the point that the optic axis AX of projection optical system PL intersects the wafer W.

[0027]Now, the light flux of the slit image reflected with the wafer W carries out re-image formation of the slit image on the slit plate 14 for light-receiving via the mirror 7, the object lens 8 for light-receiving, the lens system 9, the vibration mirror 10, and the plane-parallel plate (plain parallel) 12. The vibration mirror 10 makes the minute vibration of the slit image made on the slit plate 14 for light-receiving carry out in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction, and the plain parallel 12 The slit on the slit plate 14, The relative relation based on [ of the slit image by the catoptric light from the wafer W ] oscillating is shifted in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of a slit. And the vibration mirror 10 vibrates by the mirror actuator (M-DRV) 11 driven with the driving signal from the oscillator (OSC) 16.



[0028]In this way, if a slit image vibrates on the slit plate 14 for light-receiving, the light flux which penetrated the slit plate 14 will be received with the array sensor 15. This array sensor 15 divides the longitudinal direction of the slit of the slit plate 14 into two or more infinitesimal areas, an individual light-receiving pixel is arranged for every infinitesimal area, and a silicon photo diode or a photo-transistor is used as an optoelectric transducer. the signal from each light-receiving pixel of the array sensor 15 passes the selector circuit 13 -- selection -- or grouping is carried out and the synchronous detection circuit (PSD) 17 is supplied. The AC signal of the same phase as the driving signal from the oscillator 16 is supplied to this synchronous detection circuit 17, and synchronous detection is performed on the basis of the phase of this AC signal.

[0029]In order that the synchronous detection circuit 17 may carry out synchronous detection of each output signal of two or more light-receiving pixels selected from the array sensors 15 individually at this time, it has two or more detector circuits, and each of that detection output signal FS is supplied to the main control unit (MCU) 30. It is set to zero level, when each detection output signal FS is called what is called S curve signals and the slit center of the slit plate 14 for light-receiving and the oscillating center of the reflective slit image from the wafer W are in agreement, It is set to a negative level, while the wafer W is being displaced from the state to the upper part and the positive level and the wafer W are being displaced caudad. Therefore, the height position of the exposure surface (for example, surface) of the wafer W in case detection output signal FS is set to zero level is detected as a focusing point. However, the guarantee that it is in agreement with the best image formation face Fo always does not have a height position of the wafer W which became a focusing point (detection output signal FS is zero level) in such an oblique incidence method. namely, -- an oblique incidence method -- the system -- detection output signal FS from the synchronous detection circuit 17 being set to zero level, and, when it has a virtual base level decided by the very thing and the exposure surface of the wafer W is in agreement with the virtual base level, Although the virtual base level and the best image formation face Fo are set up it be in agreement as much as possible at the time of device manufacture, etc., they do not have the guarantee that it continues and is in agreement at the long period of time. Then, coincidence (or regulation of physical relationship) with the virtual base level and best image formation face Fo can be aimed at by leaning the plain parallel 12 in drawing 4 under control by the main control unit 30, and displacing a virtual base level in the optic-axis AX direction.

[0030]The main control unit 30 inputs the output signal KS from the photoelectronic sensor 55 of drawing 1. The function which carries out the calibration of the multipoint AF system of an oblique incidence method, the function to set up inclination of the plain parallel 12, The function which outputs command signal DS to the actuator (Z-DRV) 18 which drives the motor for driving 19 of Z and the leveling stage 20 based on each detection output signal FS of a multipoint AF system, And it has the function etc. which control the actuator (a motor and its control circuit are included) 22 for driving XY stage 21.

[0031]Drawing 5 is the figure which looked at the physical relationship of the projection view field If of projection optical system PL, and slit image ST from a multipoint AF system on the surface of the wafer W. Generally the projection view field If is circular, and shot region SA on which the pattern image of pattern space PA of the reticle R is projected serves as a rectangle contained in [ the ] circular. About 45 degrees of slit image STs are leaned to each of the X-axis which is also a moving coordinate axis of XY stage 21, and a Y-axis, and are projected on the wafer W. Therefore, the projection to the wafer W of both the optic axes AFx of the object lens 5 for floodlighting and the object lens 8 for light-receiving is extended in the direction which intersected perpendicularly with slit image ST. It is determined that the center of slit image ST is mostly in agreement with the optic axis AX. With such composition, slit image ST is set up so that it may be extended within shot region SA as for a long time as possible.

[0032]Generally the circuit pattern which has unevenness according to the exposure process till then etc. is formed in shot region SA. In this case, whenever it passes through the process of device fabrication, the variation of the state of that unevenness may increase, and also in the longitudinal direction of slit image ST, the state of that unevenness may

change a lot. When two or more chip patterns are especially arranged in one shot region, In a shot region, the scribe line for separating each chip pattern will be extended in the direction of X, or the direction of Y, and will be formed, and the level difference of not less than 2 micrometers may arise in the case of being extreme, between the point on a scribe line, and the point on a chip pattern. In which portion in slit image ST a scribe line is located. Since design shot arrangement, the chip size in a shot, etc. show beforehand, it can be recognized a circuit pattern or catoptric light from any of a scribe line the catoptric light from the arbitrary portions of the longitudinal direction of slit image ST is.

[0033]Drawing 6 shows the state where the slit plate 14 for light-receiving and the array sensor 15 were separated, and in this drawing 6, the slit plate 14 vapor-deposits a chromium layer (light-shielding film) on a glass substrate on the whole surface, and forms a transparent slit in that part by etching. This slit plate 14 is fixed on the holding frame 14A, and on the printed circuit boards 15A, such as Ceramics Sub-Division which holds the array sensor 15 for this holding frame 14A, the screw thread which is not illustrated [ for example, ] is used and it fixes. The slit of the slit plate 14 becomes the one-dimensional arrangement and parallel of the array sensor 15 of a light-receiving pixel, and is stuck by this. Thus, although it was made better [ for the slit plate 14 and the array sensor 15 to stick or approach as much as possible ], they may establish an imaging lens system between the slit plate 14 and the array sensor 15, and may make conjugate optically the slit plate 14 and the array sensor 15. Although the length on the wafer W of slit image ST shown by previous drawing 6 changes also with diameters of the projection view field If, the magnification of projection optical system PL is 1/5 (reduction), and when the diameter of the projection view field If is around 32 mm, it is desirable [ length ] to use 1 time -1 of the diameter of the projection view field If / about 3 times.

[0034]Now, in [ drawing 7 shows an example of the concrete circuitry of the array sensor 15, the selector circuit 13, the synchronous detection circuit 17, and the main control unit 30 and ] this drawing 7, The selector circuit 13 comprises the five selector circuits 13A-13E, and the synchronous detection circuit 17 also comprises the five synchronous detection circuits 17A-17E. And the light-receiving pixel of the array sensor 15 is divided into five group Ga-germanium, and one light-receiving pixel is chosen from the inside of each group by the selector circuit 13, respectively. In this case, group Ga-germanium detects the slit image before and behind the five measure points P1-P5 which met slit image ST of drawing 5, respectively. In the selector circuits 13A-13E, the detecting signal of the light-receiving pixel which receives the slit image on the measure point P1 - P5 shall be chosen as an example here.

[0035]Concretely, in drawing 7, in the group Ga of the light-receiving pixel of the array sensor 15, two or more light-receiving pixels are contained, the light-receiving pixel which detects the image on the measure point P1 within these light-receiving pixel by the selector circuit 13A is chosen, and the output signal of this light-receiving pixel is supplied to the synchronous detection circuit 17A. Besides the function for the selector circuit 13A to choose arbitrary one out of the light-receiving pixels in the group Ga, and to send the output signal to the synchronous detection circuit 17A, Adjoining 2 of the group Ga or three light-receiving pixels were chosen arbitrarily, and it also has the function to send the signal adding those output signals to the synchronous detection circuit 17A. Similarly, the output signal from each light-receiving pixel in group Gb-germanium is also chosen within the selector circuit 13B - 13E, respectively, and the selected output signal is supplied to the synchronous detection circuits 17B-17E, respectively.

[0036]The synchronous detection circuits 17A-17E receive the fundamental wave AC signal from the oscillator 16, respectively, and output detection output signal FSa-FSe. These detection output signal FSa-FSe is changed into digital data, respectively with the analog-to-digital converter (ADC) 30A in the main control unit 30, and is supplied to the correction operation part 30B and the deviation detection part 30C. The data (the data of concavo-convex distribution of an exposure surface and a concavo-convex level difference is included) about the process structure of the wafer concerned is also supplied from the exposure process-data storage parts store 30F, and the offset value for signal proofreading is also supplied to the correction operation part 30B from the storage parts store 30D. As an

example the correction operation part 30B And the value of five detection output signals, That is, based on the data about the amount of focal gaps in five points and process structure on a wafer, etc., the detection output value corresponding to the target position in the Z direction of each measure point on a wafer is computed, and the value is supplied to the deviation detection part 30C. This deviation detection part 30C detects the deviation of the output value from the correction operation part 30B, and the detection output value from ADC30A, and supplies command signal DS which lessens this deviation to the actuator 18 of drawing 4.

[0037]More concretely, the actuator 18 is controlled by the deviation detection part 30C with a least square method so that the sum of squares of the deviation of the detection output signal and detection output signal F<sub>Sa</sub>-F<sub>Se</sub> from ADC30A which are made into the target from the correction operation part 30B, for example becomes the minimum. Thereby, the position of the Z direction of Z and the leveling stage 20 and an angle of inclination are controlled, and a focus is performed so that the average field of the measure points P1-P5 of drawing 5 may agree in the image formation face of projection optical system PL.

[0038]In drawing 5, since the measure points P1-P5 are arranged on 1 straight line, the angle of inclination controlled is only an angle of inclination centering on a straight line vertical to slit image ST on the surface of the wafer W. In order to control the biaxial surrounding angle of inclination biaxial and the surface on the wafer W cross at right angles, These measure points P1-P5 are arranged in two dimensions (for example, whether two or more pattern images are put in order in parallel.). or it is made to cross mutually -- as -- forming -- or what is necessary is to scan shot region SA on the wafer W in the predetermined direction to slit image ST like the after-mentioned, and just to measure the level distribution in the whole surface of the shot region SA

[0039]In drawing 7, the offset value beforehand memorized by the storage parts store 30D is measured and computed by the calibration-value deciding part 30E.

The calibration-value deciding part 30E asks for the deviation of the virtual base level and the best focus side F<sub>o</sub> of a multipoint AF system as deviation voltage from the zero level on a detection output from five detection output signal F<sub>Sa</sub>-F<sub>Se</sub> and the output signal KS of the photoelectric sensor 55.

In the calibration-value deciding part 30E, the analog-to-digital converter for carrying out the digital sampling of each level and signal KS (refer to drawing 3) of five detection outputs simultaneously, the waveform memory, etc. are contained.

[0040]With reference to drawing 9, the concrete example of composition of the calibration-value deciding part 30E is explained here. First, absolutely, the output signal KS from the photoelectronic sensor 55 of focus detection systems is changed into the digital value corresponding to [ it is inputted into the analog-to-digital converter (ADC) 300, and ] the signal level of a TTL (through the lens) method, and is memorized by RAM301 as a memory. Although addressing of this RAM301 is performed by the counter 304, each of calculation of the counter 304 and conversion timing of ADC300 synchronizes with the clock pulse from the clock generator (CLK) 303. Similarly, one of the five detection output signal F<sub>Sa</sub>-F<sub>Se</sub> is supplied to ADC305 via the selecting switch 308, and the digital value changed here is memorized by RAM306 addressed by the counter 307. Therefore, the waveform from which one detection output signal which output-signal-KS(ed) and was chosen, respectively changes in time is incorporated into RAM301,306. The waveform in these RAM301,306 is used as processed data at the time of performing smoothing, maximal value detection, etc. by the arithmetic processing section 310.

[0041]In order that the arithmetic processing section 310 may incorporate a signal wave form into RAM301,306, Output the signal for controlling uniform movement to the Z direction of Z and the leveling stage 20 to the actuator 18, and. The driving signal for moving the center of the slit mark IS<sub>x</sub> of drawing 2 (a), IS<sub>y</sub>, and IS<sub>a</sub> to the position of each measure point of a multipoint AF system is outputted to the actuator 22 for the XY stages of drawing 4.

[0042]Drawing 10 (a) shows the change characteristic of one detection output signal FS, and when it is in the fixed range which includes a best focus side in a Z direction and uniform movement of Z and the leveling stage 20 is carried out, it corresponds to the data point stored in RAM306. Drawing 10 (b) expresses the waveform of the signal KS then stored in

RAM301. Since a synchronous detection signal becomes a waveform almost symmetrical with a point centering on a zero, about the data of a negative level smaller than a zero, it also takes a negative level into consideration and analog-to-digital conversion is carried out. [0043] Since the waveform of the signal KS which takes the maximal value shown in drawing 10 (b) in RAM301 of drawing 9 is stored in the address corresponding to the time  $t$ , the arithmetic processing section 310 asks for  $T_1$  the time of analyzing the waveform and a maximum point being obtained. Next, the arithmetic processing section 310 asks for the address point corresponding to  $T_1$  at the time in RAM306, and calculates level deltaFS of detection output signal FS memorized by this address point. This level deltaFS is the offset voltage from the zero on detection output signal FS. In the point of measurement of a multipoint AF system which generates a detection output like this drawing 10 (a), when the wafer surface in that point of measurement is moved to a Z direction so that a detection output may be set to +deltaFS, that wafer surface and best focus side Fo will agree.

[0044] By the way, when using the circuit of drawing 9, XY stage 21 of drawing 4 is moved, and it is positioned so that the center of the slit mark on reference mark board FM may come to any one position of each point of measurement of a multipoint AF system. The positioning does not need to be so strict and the point of measurement of a multipoint AF system and around 100 micrometers of the centers of the slit mark group may shift in the direction of X, and the direction of Y. Therefore, if the point of measurement P1-P5 of a multipoint AF system, i.e., the point of measurement in slit image ST shown in drawing 5, is decided, will shift the position of a slit mark group in the direction of X, and the direction of Y in about  $\pm 100$  micrometers centering on those point of measurement, and. It may shake at a Z direction and the peak of the signal KS may search for the coordinates position which becomes to some extent large. Although this is very small probable, it is for if possible all the slit mark groups avoiding the inconvenience (fall of the signal to noise ratio of the signal KS) which is in agreement with the transparent part of the reticle R. However, when performing proofreading operation at high speed, even if the peak of a signal does not search the coordinates position which becomes large, it is possible to calculate offset value deltaFS in almost equivalent accuracy. The offset value is calculated every point of measurement P1-P5.

[0045] Thus, offset value BFa-BFe, the value, i.e., the best image formation face, of detection output signal FSa-FSe in case each measure points P1-P5 of drawing 5 agree in a Z direction in the position of the best image formation face by projection optical system PL, respectively, is calculated. In drawing 5, also when searching for a detection output signal in the measure point which scans shot region SA to slit image ST for example, in the direction of X, and is distributed all over shot region SA, the offset value in each measure point is which value in offset value BFa-BFe which was made such and calculated.

[0046] Next, with reference to drawing 5, drawing 8, drawing 11, and drawing 12, it explains per example of the focus and exposure operation in this example. In this case, the value of detection output signal FSa-FSe at the time of making each measure points P1-P5 of drawing 5 focus to the image formation face of projection optical system PL, respectively, i.e., offset value BFa-BFe of an image formation face to the virtual base level of a multipoint AF system, shall be beforehand measured as a premise. Since these offset value BFa-BFe can be set to about 0 if the angle of rotation of the plain parallel 12 of drawing 4 is adjusted, these offset value BFa-BFe is a value near zero also here. The run side of Z and the leveling stage 20 at the time of driving XY stage 21 and the best image formation face of projection optical system PL consider substantially that it is parallel.

[0047] First, in Step 101 of drawing 11, as an XY stage is driven and it is shown in drawing 5, it moves in the center section of shot region SA for Measurement Division (exposure object) on the projection area of slit image ST from an oblique incidence multipoint AF system. Then, in Step 102, auto-focusing is performed in the measure point P3 of the center of slit image ST. That is, the height of the Z direction of Z and the leveling stage 20 is adjusted so that the detection output signal FSc corresponding to the measure point P3 may become the

offset value BFc of the best image formation face, and Z and the leveling stage 20 are locked in this state. Therefore, the height of Z and the leveling stage 20 and an angle of inclination are constant until Measurement Division is completed after this. Thus, auto-focusing is once performed in order to prevent distribution of unevenness in shot region SA from separating from the detection range of a multipoint AF system.

[0048]However, in this example, when the flat surface used as a base level is located in the inside of shot region SA, or the neighborhood instead of performing auto-focusing in the measure point P3 of the center of slit image ST in Step 102, auto-focusing may be performed at this flat surface. The measure point at this time does not need to be P3, and may choose the measure point nearest to this flat surface. It may be made to determine the measure point which should perform auto-focusing using exposure process data. In short, it is not necessary to be the measure point P3, and when scanning a wafer by slit image ST of a multipoint AF system, it is good, if the amount of gaps of the focusing position detected by the multipoint AF system does not separate from the detection range (decided by S curve) even if it is a point of what in the scanning zone.

[0049]Next, in the step 104 after making Measurement Division starting position SB of a near side move shot region SA in the direction of -X of slit image ST as XY stage 21 is driven and Step 103 is shown in drawing 5, XY stage 21 is driven, shot region SA is scanned in the direction of X to slit image ST, and each detection output signal FSa-FSe is stored in the memory in the correction operation part 30B. Under the present circumstances, since the coordinates of XY stage 21 are measured by the laser interferometer, they should just store detection output signal FSa-FSe in the address corresponding to the coordinates measured with a laser interferometer within that memory one by one. Then, in Step 105, the process level difference in shot region SA is classified based on obtained detection output signal FSa-FSe (it is a signal of the time series, respectively).

[0050]Concretely, drawing 8 (a) shows a certain section in that shot region SA on the wafer W, and the measure points P1-P5 are set up on this section. Photoresist is omitted although photoresist is actually applied on the wafer W. In drawing 8 (a), if each measure points P1-P5 come on the virtual base level 41 of a multipoint AF system, corresponding detection output signal FSa-FSe will be set to 0, respectively. The best image formation face 42 of projection optical system PL is made into a certain thing from which the grade has separated from the virtual base level 41. In this case, on the wafer W, the circuit pattern of two or more layers is already formed, and that surface has that it is uneven according to it. Therefore, if the detection output signal acquired in each measure points P1-P5 is made into FSa-FSe, the value of these detection output signals is also a value according to the unevenness.

[0051]For example, if it is that the measure point P1 and P2 are located on the pattern space 40A of the heights on the wafer W, the measure point P3 is located on the pattern space 40B of a crevice, and the measure point P4 and P5 are located on the pattern space 40C of heights, the value of the detection output signal FSc in the measure point P3 will become the smallest. The correction operation part 30B of drawing 7 of this example searches for concavo-convex distribution of the shot region concerned using this by asking for the difference of the detection output signal corresponding to the adjoining measure point. Since the data about a process structure is also supplied to the correction operation part 30B from the exposure process-data storage parts store 30F, the correction operation part 30B, The pattern spaces 40A-40C in which the measure points P1-P5 are located from comparison with the process structure are discriminable from the concavo-convex distribution searched for as mentioned above.

[0052]Thereby, it is distinguished, for example to any each pattern spaces 40A-40C shall belong between a memory cell portion, a peripheral circuit part (logic section), or a scribe line. The correction operation part 30B can recognize level difference  $Z_A$  of each pattern spaces 40A and 40C, and level difference  $Z_B$  of the pattern space 40B from the supplied data. Although these level differences are the height from a portion without the circuit pattern of the wafer W, only the difference of these level differences poses a problem like the after-mentioned.

[0053]The level difference by the difference in the pattern density in each level difference

region, etc. can be known by asking for distribution (dispersion) etc. about the detection output signal in each level difference region from the level difference information acquired with the difference data during said adjoining measure point. It can also ask for the measure point stable before and after the measure points P1-P5 by this. Next, in Step 106, the field of a portion [ a portion ] to make it focusing on shot region SA is determined as a focus base level. For example, let the pattern space 40B be a focus base level in drawing 8 (a) as that by which a pattern with the narrowest line width is exposed on the pattern space 40B in which the measure point P3 is located. However, it is possible also when making the largest (area is large) pattern space (for example, pattern space 40A) within shot region SA into a focus base level. What is necessary is for a focus base level to follow, and to choose and just to determine it as the priority (according to pattern line width, a pitch, etc., it becomes settled) of the focus for every pattern space in a shot region.

[0054]Then, it asks for offset value  $\delta a$ - $\delta e$  to detection output signal Fa-Fe in the measure points P1-P5 in Step 107. In drawing 8 (a), when the conversion factor to the displacement to a Z direction from a detection output signal is set to k, offset value  $\delta a$  to detection output signal Fc in the measure point P3 on the pattern space 40B which is a focus base level is 0. The offset values  $\delta a$ ,  $\delta b$ ,  $\delta d$ , and  $\delta e$  over the detection output signal Fa in the measure point P1, P2, P4, and P5, Fb, Fd, and Fe are set to  $1/k$ , respectively ( $Z_A - Z_B$ ).

[0055]Next, in Step 108, the correction operation part 30B adds offset value  $\delta a$ - $\delta e$  for which offset value BFa-BFe of the detection output signal in the best image formation face 42 of drawing 8 (a) was asked at Step 107. This is equivalent to changing into the best image formation face 42A containing a virtual level difference as shows the best image formation face 42 shown as a solid line by a dotted line, and makes the pattern spaces 40A-40C focus to the virtual best image formation face 42A.

[0056]That is, in Step 109, the correction operation part 30B supplies the detection output signal of the virtual best image formation face 42A, i.e. (BFa+ $\delta a$ ), -, (BFe+ $\delta e$ ) to the deviation detection part 30C. Detection output signal Fa-Fe corresponding to the actual pattern spaces 40A-40C is supplied to the deviation detection part 30C in real time. Then, the deviation detection part 30C supplies the driving signal that the sum of squares of an offset value (BFa+ $\delta a$ ) and the deviation of - (BFe+ $\delta e$ ) and detection output signal Fa-Fe becomes the minimum, using a least square method as opposed to the actuator 18 for Z and leveling stage 20. Thereby, as shown in drawing 8 (b), the pattern space 40B which is a focus base level agrees in the actual best image formation face 42. Then, a pattern with the narrowest line width is exposed in high resolution by exposing at Step 110.

[0057]Although pattern spaces 40A and 40C other than pattern space 40B are set up in the depth of focus of a projection optical system at this time, It may be made to shift a focus base level to a Z direction seemingly, when offset value  $\delta a$ - $\delta e$  can exceed the depth of focus in the above-mentioned step 107 so that weighting may be performed, for example to offset value  $\delta a$ - $\delta e$  and the pattern spaces 40A and 40C may enter in the depth of focus. This is applicable also when the whole surface of the shot region is contained in the depth of focus. A focus base level (pattern space 40B) may be shifted so that the pattern spaces 40A and 40C may enter in the width of the depth of focus simply.

[0058]In above-mentioned working example, since it was a method which compares a desired value with a actual detection output signal in the deviation detection part 30C as shown in drawing 7, offset value  $\delta a$ - $\delta e$  of the level difference was added to the best image formation face 42 which is a desired value. However, what is necessary is just to deduct these offset value  $\delta a$ - $\delta e$  from a actual detection output signal, when taking the method which carries out offset correction to a actual detection output signal in drawing 7, and is supplied to the deviation detection part 30C.

[0059]The detection output signal in the measure point distributed all over shot region SA of drawing 5 is acquired actually, and concavo-convex distribution on the whole surface of shot region SA is identified. However, the detection output signal supplied in real time from ADC30A in drawing 7 is only a detection output signal of five on slit image ST of drawing 5. Amendment of the surrounding angle of inclination of an axis parallel to slit image ST only by using the data on slit image ST cannot be performed. Then, amendment of the angle of

inclination of the surrounding wafer W of an axis parallel to the slit image ST is performed with an open loop as an example. That is, by scanning shot region SA to slit image ST, as shown in drawing 8 (a), the detection output signal of the virtual best image formation face 42A and the detection output signal in a actual pattern space are searched for. Then, beforehand, it asks for the controlled variable of the actuator 18 of drawing 4, and the relation of the angle of inclination of Z and the leveling stage 20, and only the quantity which negates the difference of the detection output signal in a actual pattern space and the detection output signal of the virtual best image formation face 42A controls the angle of inclination of Z and the leveling stage 20. The pattern space by which the pattern with the narrowest line width distributed all over shot region SA of drawing 5 is exposed by this by open loop control focuses to the best image formation face of projection optical system PL as a whole.

[0060]As Step 104A shows, whenever it carries out stepping of XY stage 21 in the direction of X at constant pitch and the XY stage 21 stops, it may be made to store detection output signal Fa-Fe in MOMERI at the constant pitch in Step 104 of drawing 11. It is effective in the influence of fluctuation of the air accompanying a motion of XY stage 21 being reduced by this method.

[0061]It may carry out like Steps 111 and 112 of drawing 12 instead of operation of Step 101-102 of drawing 11. That is, in this step 111, XY stage 21 is driven first, and as shown in drawing 5, shot region SA is moved to Measurement Division starting position SB. Then, in Step 112, auto-focusing is performed in the measure point P3 of the center of slit image ST of drawing 5, and the focusing position of Z and the leveling stage 20 is locked. Then, it shifts to Step 104 of drawing 11, or 104A, and the detection output signal in the whole surface of shot region SA is sampled. Subsequent processing is the same as operation of drawing 11. In the sequence of this drawing 12, there is no futility in operation of the wafer stage 21, and Measurement Division is performed efficiently.

[0062]In above-mentioned working example, it was considered that the run side of Z and the leveling stage 20 at the time of driving XY stage 21 in drawing 4 and the best image formation face of projection optical system PL were almost parallel. On the other hand, when the run side of Z and the leveling stage 20 and the image formation face of projection optical system PL are not parallel, the following correction operation is needed. That is, it is made to have in the memory in the correction operation part 30B by making the deviations (an image surface inclination, a curve, etc.) of the run side of Z and the leveling stage 20 when XY stage 21 is driven, and the image formation face of projection optical system PL into a device constant. In this case, since the detection output signal searched for, for example by the method of Step 104 of drawing 11 shows the measuring result on the basis of the run side of Z and the leveling stage 20, it should just add a deviation amount with the image formation face memorized as a device constant to that measuring result.

[0063]In above-mentioned working example, as shown in drawing 5, are searching for concavo-convex distribution by one shot region SA on the wafer W, but. The concavo-convex distribution in each shot region on a wafer may be searched for from comparison with the result and process structure which equalized the detection output signal acquired by performing the same Measurement Division in some (one or more) other shot regions on the wafer W, and were produced by equalizing. Thereby, the influence of the spreading unevenness of photoresist, etc. are reduced.

[0064]Next, in above-mentioned working example, as shown in drawing 5, the detecting position of the Z direction was performed within shot region SA predetermined [ on the wafer W ], but the detecting position of a Z direction may be performed in the pitch of 1 for the integer of the array pitch of a shot region all over the wafer W. Concretely, if the array pitch to the direction of X of a shot region is  $P_x$ , the interval of focusing position Measurement Division in the direction of X will be set to  $P_x/N$  using the two or more integers N. At this time, the output change of the detection output signal from a multipoint AF system is repeated the same cycle as the array pitch of a shot region.

[0065]In this case, when the exposure surface of a wafer has foreign matters, such as dust, or a wafer has a shape change by curvature etc., the output change of a multipoint AF



system in that shot region differs from the output change in other shot regions. Then, it is desirable for the deviation from the average value of the value which sampled the detection output signal with the cycle corresponding to the array pitch of a shot region to compute independently the offset amount of the detection output signal over a focus base level to the shot region which has become beyond a predetermined \*\* value. To the shot region where the influence of such a foreign matter, curvature, etc. is expressed, assistant processing (operator call) etc. may be processed as warning or an error.

[0066]Next, in above-mentioned working example, the position (focusing position) of the Z direction of the exposure surface of the wafer W is measured from detection output signal FS which changes in the shape of an S curve. The curve 44 of drawing 13 showed an example of that detection output signal FS, and was searching for the position of the Z direction from detection output signal FS in this drawing 13 using the section which can be mostly approximated in the straight line 45 among the curves 44 conventionally. However, now, there is inconvenience that the position detecting range in a Z direction is narrow. then, in a memory detection output signal FS (it measures about each of FSa-FSe actually) when moving Z and the leveling stage 20 of drawing 4 to a Z direction by moving pitch  $\Delta Z$ , for example, in order to make a position detecting range large, [ make memorize namely, ] It is desirable to ask for the curve 44 of drawing 13 approximately. In this case, the value of detection output signal FS is memorized to the position of a Z direction.

[0067]And if the value of detection output signal FS is  $V_i$  when actually performing position Measurement Division of a Z direction, position  $Z_i$  of a Z direction will be correctly called for from the curve 44. On the other hand, when the curve 44 is approximated in the straight line 45, the position of a Z direction in case a detection output signal is  $V_i$  becomes  $Z_h$ , and an error produces it. Next, based on the actual measuring result, the angle of inclination of Z and the leveling stage 20 is controlled by above-mentioned working example. However, since the angle of inclination to the run side of XY stage 21 of the image formation face of projection optical system PL is known beforehand, the angle of inclination may be beforehand performed on Z and the leveling stage 20. Thereby, when the detecting position of a Z direction is performed by a multipoint AF system, the amount of gaps of an angle of inclination decreases, and the offset value computed for every measure point becomes small. Therefore, the time which a focus takes is shortened and focusing precision also improves.

[0068]In above-mentioned working example, the physical relationship of the virtual base level of a multipoint AF system and the best image formation face can be adjusted now with the angle of inclination of the plain parallel 12 arranged at the light-receiving system of a multipoint AF system as shown in drawing 4. It means that the offset value which appears common [ this ] to detection output signal FSa-FSe is also removable with the angle of inclination of the plain parallel 12.

[0069]However, since there are few correction amounts what formed the plain parallel 12 only in the light-receiving system side, plain parallel may be arranged also to the light transmission system side. Thus, the correction amount of an image formation position can be enlarged by amending an image formation position by the plain parallel of two sheets. And a position gap of the shade pattern on a wafer can also be amended by putting in and amending plain parallel to the both sides of a light transmission system and a light-receiving system.

[0070]If plain parallel is arranged in the light transmission system of a multipoint AF system, for example, common offset correction is performed using this plain parallel at Step 109 of drawing 11. A position gap of slit image ST on the wafer W arises in the time of measuring a detection output signal at Step 104, and the time of measuring a detection output signal at Step 109. So, in order to reduce the influence of this position gap. What is necessary is to measure beforehand the amount of position gaps of slit image ST on the wafer W to a plain parallel angle of inclination, and just to amend the offset amount added to the offset value of the best image formation face at Step 109 corresponding to each measure point based on the amount of position gaps measured beforehand.

[0071]Next, in above-mentioned working example, as shown in drawing 5, slit image ST for the detecting positions of a Z direction is aslant projected on a diagonal direction to shot region SA on the wafer W, and five on this slit image ST are chosen as the measure points



P1-P5. On the other hand, as shown in drawing 14, on shot region SA, the N measure points (at drawing 14, N is 25) P11, P12, --, P74 may be set up in the direction of X, and the direction of Y in two dimensions with a predetermined pitch, and the pattern image for focus detection may be projected at these measure points, respectively. In this case, it is difficult to process the photoelectric conversion signal of the pattern image from all the measure points in parallel to the case where the number of the photo detector (light-receiving pixel) which receives each pattern image also turns into the same number as a measure point, and adopts a synchronous detection method, for example. Then, using the selector circuits 13A-13E as shown, for example in drawing 7, every five photoelectric conversion signals are chosen from these N photoelectric conversion signals, and it may be made to perform synchronous detection in time sharing. Circuitry is simplified by such time-division system. [0072]It may be made to project aslant the pattern image of the shape of a lattice of a predetermined pitch on a wafer, for example instead of projecting a slit image, although focus detection is performed. In this case, the amount of position gaps to the Z direction in the exposure surface of the wafer which carries out re-image formation of the pattern image of the shape of that lattice on the image sensor of two dimensions, such as two-dimensional CCD, and corresponds from the amount of strike slips of the image by which re-image formation was carried out is calculated, using the catoptric light from that wafer.

[0073]The method which projects a slit image, for example, detects the position of the pattern image on a one-dimensional line sensor by which re-image formation was carried out, and calculates the amount of position gaps to a Z direction may be used. It is not necessary to provide the plain parallel for calibrations, and what is necessary is just to use always electric offset by this method. Although what is necessary is just to set at least one measure point as each of at least two pattern spaces (a scribe line etc. are included) from which the height in a shot region differs, for example, the time of setting two or more measure points as each pattern space, and asking for offset value  $\Delta a - \Delta e$  -- every field -- two or more of the measurement values -- a statistical work or equalization -- or weighted average-ization processing and, At the time of automatic focusing operation, the offset searched for is given for every field at one measure point, and it may be made to use the detection output signal in the measure point. In short, when two or more measure points are in one pattern space, it is not necessary to search for the offset for every measure point. What is necessary is not to perform automatic focusing operation which doubles a shot side and an image formation face altogether in each of two or more measure points, to search for the offset in at least one measure point for every pattern space, and just to perform automatic focusing operation using the measure point concerned.

[0074]Next, in AF system (focal position detection system) of the oblique incidence method shown in drawing 4 of above-mentioned working example, the light of the nonphotosensitive or photosensitive weak wavelength band is used to the photoresist on the wafer W as an illumination-light IL for focus detection. In photoresist, since the thin film interference by the entering light flux arises, when especially the light flux is monochromatic light, the luminous intensity reflected with the thickness of the photoresist may become quite weak. So, in order to reduce the adverse effect of the thin film interference, it is desirable to use the light flux which has the bandwidth of not less than 100 nm as the illumination-light IL. Concretely, as an illumination-light IL, it was chosen from the light flux irradiated from a halogen lamp by the wavelength selection filter, for example, the light flux of a wavelength band (700 nm - about 900 nm) can be used. The illumination light in the wavelength band (700 nm - about 900 nm) from a light emitting diode may be used. It is good also considering two or more monochromatic light acquired by mixing the light flux from two or more semiconductor laser elements, for example as an illumination-light IL.

[0075]However, when a predetermined wavelength band or two or more waves of light flux are used as an illumination-light IL, distribution of the light intensity to wavelength is not uniform, and when the light intensity of specific wavelength is strong, there is a possibility that it may be influenced by thin film interference on the specific wavelength, for example. So, in order to avoid it, as shown in drawing 4, it is desirable to arrange the light filter board 60 for equalizing distribution of the photoelectric conversion signal over wavelength in front of the array sensor 15 of an AF system. The light filter board 60 may be arranged at any

position between unillustrated the light source which generates illumination-light IL and the array sensor 15.

[0076]With reference to drawing 15, it explains per example of the characteristic of the light filter board 60 concretely. First, suppose that it is a crest shape as distribution of light intensity  $L_E$  ( $\lambda$ ) to the wavelength  $\lambda$  of illumination-light IL shows drawing 15 (a).

In this case, distribution of the transmissivity T to the wavelength  $\lambda$  of the light filter board 60 ( $\lambda$ ) is mostly set as a valley type, as shown in drawing 15 (b). However, the transmissivity T ( $\lambda$ ) is amended in consideration of the wavelength sensitivity characteristic in the array sensor 15.

[0077]That is, the detection sensitivity (an output signal / entering light intensity) PSV ( $\lambda$ ) to the wavelength  $\lambda$  in the array sensor 15 assumes that it is an upward slant to the right as the dotted line of drawing 15 (c) shows, for example. In this case, distribution of light intensity  $L_R$  ( $\lambda$ ) to the wavelength  $\lambda$  of the light flux which passes the light filter board 60 and is received with the array sensor 15, Since it is a product of light intensity  $L_E$  ( $\lambda$ ) and the transmissivity T ( $\lambda$ ), distribution of the light intensity  $L_R$  ( $\lambda$ ) sets distribution of the transmissivity T ( $\lambda$ ) that the lower right serves as the characteristic of \*\* somewhat like the solid line of drawing 15 (c). Since photoelectric conversion signal SR ( $\lambda$ ) outputted from the array sensor 15 to the light flux of the wavelength  $\lambda$  at this time is a product of the detection sensitivity PSV ( $\lambda$ ) and light intensity  $L_R$  ( $\lambda$ ), as shown in drawing 15 (d), it serves as the almost flat

characteristic to the wavelength  $\lambda$ . Thereby, the adverse effect of the thin film interference in photoresist can be reduced, and level difference Measurement Division of the surface of a wafer can be performed stably.

[0078]As for this invention, it is needless to say that various composition can be taken in the range which is not limited to above-mentioned working example and does not deviate from the gist of this invention.

[0079]

[Effect of the Invention]Each detecting signal [ according to this invention ] of the photoelectric detection means corresponding to two or more measure points, And since the calculating means which calculates the offset value for doubling the base level of the focus on a substrate with the image surface by a projection optical system independently for two or more measure points of every was established based on the process structure of the exposure surface of a substrate, It does not depend on the state of unevenness of each shot region of a substrate, but there is an advantage which can be exposed by doubling each exposure region (shot region) with the image formation face by a projection optical system in the optimal state.

[0080]Where the image of the pattern for focus detection is projected into the exposure region by a projection optical system from a projection optical system, The detecting signal of a photoelectric detection means to correspond, respectively in two or more measure points distributed the whole surface in an exposure region by driving a substrate stage and running a substrate is searched for, The detecting signal of the photoelectric detection means in two or more measure points when a calculating means is distributed all over the, And when calculating the offset value for doubling the base level of the focus on a substrate with the image surface by a projection optical system independently for two or more measure points of every based on the process structure of the exposure surface of a substrate, the optical system for the focus detection of easy composition is used, and the state of unevenness of the whole surface of the exposure region of a substrate can be measured promptly. Therefore, there is an advantage which can be exposed by doubling the whole surface of the exposure region with the image formation face by a projection optical system in the optimal state. Even if the display flatness of the holding fixtures (wafer holder etc.) of a substrate is bad, there is curvature of a substrate and a foreign matter etc. are between a substrate and a holding fixture, the focus error resulting from them can also be prevented. That is, the whole surface of an exposure region can be set up in an image formation face, agreement, or the depth of focus.

[0081]When light flux used when projecting the pattern image for focus detection into the

exposure region by a projection optical system from a projection optical system is made into the light flux which has the bandwidth of not less than 100 nm, there is an advantage by which the adverse effect of the thin film interference in the photosensitive materials (photoresist etc.) on a photosensitive substrate is reduced. Although light flux may be scattered about for it or diffracted by the edge part of unevenness on the substrate, etc., when the light flux of a broadband is used, even if the light flux of specific wavelength becomes weak, there will be an advantage which can acquire a detecting signal with the signal to noise ratio good as a whole.

[0082]When the optical filter for carrying out entropy of the wavelength sensitivity characteristic of the light flux used when projecting the pattern image for focus detection on the optical path to [ out of a projection optical system ] two or more photoelectric detection means has been arranged, For example, when the light flux of a broadband is used, flattening of the intensity distribution over the wavelength of the detecting signal outputted from these photoelectric detection means is carried out mostly. Therefore, the level distribution of the exposure surface of a substrate can be measured correctly, without being especially influenced by the light of predetermined wavelength.

[0083]Next, when a calculating means amends the desired value according to the height of the image formation face by a projection optical system using the offset value independently calculated for two or more measure points of every. By performing closed loop control that the desired value after this amendment and the detecting signal actually acquired agree, focusing and leveling can be performed with high precision.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a lineblock diagram showing the detecting mechanism of the best image formation face of the projection optical system in one working example of the projection aligner by this invention which includes a sectional view in part.

[Drawing 2]The enlarged plan view in which (a) shows the mark arrangement on reference mark board FM of drawing 1, and (b) are the enlarged drawings showing the relation between the image by which re-image formation is carried out on this reference mark board FM, and a mark.

[Drawing 3]It is a figure showing the situation of change of the signal KS outputted from the detecting mechanism of drawing 1.

[Drawing 4]It is a lineblock diagram showing the optical system and control system of a multipoint AF system of working example.

[Drawing 5]It is a figure showing the slit image projected into the exposure field of projection optical system PL by the multipoint AF system of drawing 4.

[Drawing 6]It is an exploded perspective view showing the relation between the slit plate 14 in drawing 4, and the array sensor 15.

[Drawing 7]They are the array sensor 15 in drawing 4, the selector circuit 13, the synchronous detection circuit 17, and a block diagram showing the detailed composition of the main control unit 30.

[Drawing 8]It is an explanatory view of the offset value introduced by this example.

[Drawing 9]It is a block diagram showing the example of composition of the correction value deciding part 30E in drawing 7.

[Drawing 10]It is a figure showing the relation between detection output signal FS and the signal KS.

[Drawing 11]It is a flow chart which shows an example of the focus detecting action of working example, and exposure operation.

[Drawing 12]It is a flow chart which shows the modification of operation of drawing 11.

[Drawing 13]It is a figure showing the relation between detection output signal FS and the position of a Z direction.

[Drawing 14]It is an enlarged plan view showing the case where a slit image is projected on the measure point distributed in two dimensions on the shot region of a wafer, respectively.

[Drawing 15]The figure in which (a) shows the wavelength characteristic of the illumination light used by AF system in the modification of working example of this invention, The figure showing the figure showing the transmissivity distribution of the light filter board 60 with which (b) is used in the modification, the wavelength characteristic of the light flux by which (c) is received with the array sensor 15, and the wavelength sensitivity characteristic of the array sensor 15, and (d) are the figures showing the wavelength characteristic of the photoelectric conversion signal outputted from the array sensor 15.

### [Description of Notations]

1 Slit plate

10 Vibration mirror

12 Plane-parallel plate (plain parallel)

13 Selector circuit

14 Slit plate  
15 Array sensor  
17 Synchronous detection circuit  
R Reticle  
PL Projection optical system  
W Wafer  
20 Z and a leveling stage  
21 XY stage  
30 Main control unit  
30B Correction operation part  
30C Deviation detection part  
30F Exposure process-data storage parts store  
60 Light filter board

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-37149

(43)公開日 平成8年(1996)2月6日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 B 27/32	F			
G 0 3 F 7/207	H			
			H 0 1 L 21/ 30	5 2 6 B

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平7-72874

(22)出願日 平成7年(1995)3月30日

(31)優先権主張番号 特願平6-103847

(32)優先日 平6(1994)5月18日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 今井 裕二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

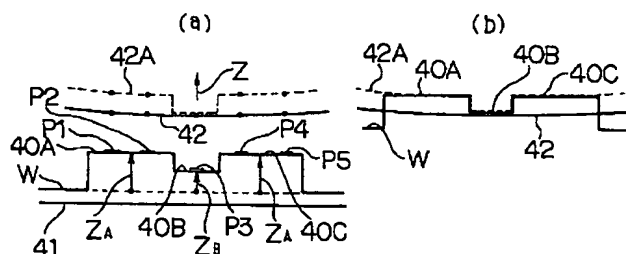
(74)代理人 弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 感光基板の各ショット領域の凹凸の状態に依らず、各ショット領域を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行う。

【構成】 ウエハWのショット領域上の計測点P1～P5でZ方向の位置検出を行い、検出結果及び予め分かっているプロセス構造のデータより、そのショット領域の凹凸分布を求める。例えばパターン領域40Bに最も線幅の狭いパターンが露光されるときには、そのパターン領域40Bを合焦基準面として、そのパターン領域40Bを基準とした他の領域の段差( $Z_A - Z_B$ )を、オフセットとして最良結像面42の高さに加算する。加算後の結像面42Aに露光面を合致させることにより、パターン領域40Bが最良結像面42に合焦される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、  
前記基板を保持して前記投影光学系の光軸に垂直な平面内で前記基板の位置決めを行う基板ステージと、  
前記基板の傾斜角及び前記基板の前記投影光学系の光軸方向の高さを調整するフォーカス・レベリングステージと、  
前記感光性の基板に対して非感光性の光を用いて、前記投影光学系の光軸に対して斜めに前記投影光学系による露光領域内の複数の計測点上に焦点検出用のパターンの像を投影する投射光学系と、  
前記複数の計測点からの反射光を集光して前記複数の計測点上の焦点検出用のパターンの像を再結像する受光光学系と、  
該受光光学系により再結像された複数の像のそれぞれの横ずれ量に対応した検出信号を生成する複数の光電検出手段と、  
該複数の光電検出手段からの検出信号に基づいて前記フォーカス・レベリングステージの動作を制御する制御手段と、を有する投影露光装置において、  
前記複数の計測点に対応する前記光電検出手段のそれぞれの検出信号、及び前記基板の露光面のプロセス構造に基づいて、前記複数の計測点毎に独立に前記基板上の合焦の基準面を前記投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求める演算手段を設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影した状態で、前記基板ステージを駆動して前記基板を走らせることにより、前記露光領域内の全面に分布する複数の計測点でそれぞれ対応する前記光電検出手段の検出信号を求め、  
前記演算手段は、前記全面に分布する複数の計測点での前記光電検出手段の検出信号、及び前記基板の露光面のプロセス構造に基づいて、前記複数の計測点毎に独立に前記基板上の合焦の基準面を前記投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求めることを特徴とする請求項 1 記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影する際に使用される光束を、100nm以上の帯域幅を有する光束とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記投射光学系内から前記複数の光電検出手段までの光路上に、前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタを配置することを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記演算手段は、前記複数の計測点毎に独立に求められるオフセット値を用いて、前記投影光学系による結像面の高さに応じた目標値を補正することを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、感光基板上に回路パターン等のマスクパターンを転写する投影露光装置に関し、特に感光基板の焦点合わせのための焦点検出装置を備えた投影露光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より投影露光装置では、レチクル（又はフォトリソマスク等）のパターンを高解像力の投影光学系を介して感光基板（フォトリソレジスト層が塗布されたウエハやガラスプレート等）上に投影露光する際、レチクルのパターンの結像面に正確に感光基板の露光面を合致させる作業、即ち焦点合わせが必須のこととなっている。近年、投影光学系の焦点深度は狭くなる一方で、露光用照明光として波長365nmのi線を用いたものでも、±0.7μm程度の深度しか得られないのが現状である。更に投影光学系の投影視野は年々増大する傾向にあり、広い露光視野（例えば22mm角）の全面に亘って極力大きな焦点深度を確保することが望まれている。

【0003】このように広い露光視野全面で良好に焦点合わせを行うためには、何れにしろその露光視野内に入る感光基板上の部分領域（ショット領域）の平坦性と、結像面の平坦性（即ち、像面湾曲、及び像面傾斜が小さいこと）とが共に良好であることが要求される。このうち像面湾曲と像面傾斜とに関しては投影光学系自体の光学性能に依存するところが大きい、その他にレチクルの平面度、平行度が要因になることもある。一方、感光基板上の部分領域、即ち1回の投影露光領域（ショット領域）毎の平坦度は、感光基板によってその程度に差異があるが、感光基板を保持するホルダーを微小量だけ傾けることによって感光基板上のショット領域の表面と結像面とを平行に設定することが可能である。

【0004】このように感光基板上の1つのショット領域の表面の傾きも考慮して焦点合わせを行う手法として、特開昭58-113706号公報、特開昭55-1348号公報等に開示された技術が知られている。特に特開昭55-1348号公報では投影光学系を介して感光基板上の4点に光ビームのスポットを投射し、その反射光によるスポット像を光電検出して感光基板の焦点合わせ、及び傾き補正（レベリング）を行う技術が開示されている。

【0005】ところが、最近の半導体素子等は基板上に多くの複雑な構造のパターンを積み重ねて製造されるため、感光基板上の露光面の平坦性は悪くなる傾向にある。そのため、感光基板上のショット領域内の凹凸の状

態を計測し、この計測結果を考慮してそのショット領域の平均的な面を投影光学系による結像面に合わせ込む技術の開発が行われている。例えば、特開平 2-198130 号公報においては、感光基板の投影光学系の光軸方向の位置を固定してその感光基板を移動させて、感光基板上のショット領域内の複数の計測点で投影光学系の光軸方向の位置（フォーカス位置）を計測し、この計測結果の平均値を求めることにより、そのショット領域内でのパターンの構造や配置の相違に起因するフォーカス位置のオフセット値を求める面位置検出方法が開示されている。この方法では、そのオフセット値を各ショット領域の例えば中央の計測点でのフォーカス位置の計測結果に加えることにより、ショット領域内の凹凸を考慮した平均的なフォーカス位置が計測される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のように従来の投影露光装置では、所定のショット領域内の複数の特定の計測点で計測されたフォーカス位置を平均化することにより、フォーカス位置のオフセット値を求めていた。しかしながら、実際には感光基板の各ショット領域の露光面の凹凸の状態は、プロセス構造（パターンの配置や段差等）によって様々であり、特定の複数の計測点でのフォーカス位置を平均化するだけでは、各ショット領域の平均的な面の形状を正確に求めることはできない。そのため、露光プロセスによって、感光基板上の各ショット領域内のパターンの配置や段差等が変化すると、各ショット領域の平均的な面を投影光学系の結像面に対して焦点深度の範囲内に収めることができない場合が生ずるといふ不都合がある。

【0007】また、各ショット領域の平均的な面を結像面に合わせ込むのではなく、例えば各ショット領域内で最も線幅が狭いパターンが露光される領域を重点的に合焦させたいような場合でも、従来の方法ではその重点的に合焦させたい領域を結像面に合わせ込むことは困難であった。本発明は斯かる点に鑑み、感光基板の各ショット領域の凹凸の状態に依らず、各ショット領域を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行うことができる投影露光装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による投影露光装置は、マスクパターン（R）を感光性の基板（W）上に投影する投影光学系（PL）と、その基板を保持して投影光学系（PL）の光軸（AX）に垂直な平面内でその基板の位置決めを行う基板ステージ（21）と、その基板の傾斜角及びその基板の投影光学系（PL）の光軸方向の高さを調整するフォーカス・レベリングステージ（20）と、その感光性の基板に対して非感光性の光を用いて、投影光学系（PL）の光軸（AX）に対して斜めに投影光学系（PL）による露光領域（SA）内の複

数の計測点（P1～P5）に焦点検出用のパターンの像（ST）を投影する投射光学系（1～6）と、それら複数の計測点からの反射光を集光してそれら複数の計測点上の焦点検出用のパターンの像を再結像する受光光学系（7～10）と、この受光光学系により再結像された複数の像のそれぞれの横ずれ量に対応する検出信号を生成する複数の光電検出手段（15, 13, 17）と、これら複数の光電検出手段からの検出信号（Fsa～Fse）に基づいてフォーカス・レベリングステージ（20）の動作を制御する制御手段（30, 18）と、を有する投影露光装置において、それら複数の計測点での対応する光電検出手段の検出信号、及び基板（W）の露光面のプロセス構造（パターンの配置、段差等）に基づいて、それら複数の計測点毎に独立に基板（W）上の合焦の基準面（40B）を投影光学系（PL）による結像面（42）に合わせ込むためのオフセット値を求める演算手段（30B）を設けたものである。

【0009】この場合、その投射光学系から投影光学系（PL）による露光領域（SA）内にその焦点検出用のパターンの像（ST）を投影した状態で、基板ステージ（21）を駆動して基板（W）を走らせることにより、露光領域（SA）内の全面に分布する複数の計測点でそれぞれ対応する光電検出手段の検出信号を求め、演算手段（30B）は、その全面に分布する複数の計測点でのその光電検出手段の検出信号、及びその基板の露光面のプロセス構造に基づいて、それら複数の計測点毎に独立にその基板上の合焦の基準面（40B）を投影光学系（PL）による結像面（42）に合わせ込むためのオフセット値を求めることが望ましい。

【0010】また、その投射光学系から投影光学系（PL）による露光領域（SA）内に焦点検出用のパターンの像（ST）を投影する際に使用される光束（IL）を、100nm以上の帯域幅を有する光束とすることが望ましい。また、その投射光学系内からそれら複数の光電検出手段までの光路上に、その投射光学系から投影光学系（PL）による露光領域内に焦点検出用のパターンの像（ST）を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタ（60）を配置することが望ましい。

【0011】更に、演算手段（30B）は、それら複数の計測点毎に独立に求められたオフセット値を用いて、投影光学系（PL）による結像面（42）の高さに応じた目標値を補正することが望ましい。

【0012】

【作用】斯かる本発明によれば、例えば図 8（a）に示すように、基板（W）上の投影光学系による露光領域内の複数の計測点（P1～P5）上に焦点検出用のパターンの像が投影され、これらの像が受光光学系により再結像され、再結像された像の横ずれ量に対応する検出信号（Fsa～Fse）が光電検出手段（例えば図 7 のアレ



イセンサー 15 中の画素) から出力される。斜入射方式では、それら再結像される像の横ずれ量と、対応する計測点の投影光学系 (P L) の光軸方向の位置 (フォーカス位置) とはほぼ比例するため、それら検出信号から対応する計測点のフォーカス位置 (これらを  $Z_1 \sim Z_5$  とする) が求められる。

【0013】しかし、実際には、図 8 (a) に示すように、基板 (W) の露光面にはそれまでの露光工程等により凹凸のあるパターンが形成されていることがある。また、そのような凹凸が有る場合、最も線幅の狭いパターンが露光される面 (例えば周辺部より窪んだ面であることが分かっている) を面 (40B) とすると、この面 (40B) を結像面 (42) に合わせることを望ましい。この際に、例えば計測点 (P3) で計測された検出信号の値 (フォーカス位置) が最も小さいことから、その計測点 (P3) が面 (40B) 上にあることが分かる。そこで、その面 (40B) を基板 (W) 上の合焦の基準面として、プロセス構造のデータに基づいてその基準面 (40B) と他の露光面 (40A, 40C) との高さの差分 ( $Z_A - Z_B$ ) に対応する検出信号を他の計測点 (P1, P2, P4, P5) でのオフセット値とする。また、計測点 (P3) でのオフセット値は 0 である。

【0014】その後、例えば実際に検出された検出信号からそのオフセット値を差し引いた値に基づいて合焦及びレベリングを行うと、図 8 (b) に示すように、基準面 (40B) が結像面 (42) に合焦される。また、基板 (W) 上の複数の計測点 (P1~P5) が例えば図 5 に示すように、露光領域 (SA) のほぼ対角線上に配列されているような場合には、それら計測点 (P1~P5) 上の焦点検出用のパターンの投影像に対して基板 (W) を所定方向 (X 方向) に走査することにより、その露光領域 (SA) のほぼ全面に分布する計測点での検出信号が得られる。従って、その露光領域 (SA) の全面に複雑な凹凸分布があるような場合でも、その凹凸分布の表面の所定の部分 (例えば最も線幅の狭いパターンが露光される領域) を基準面として、この基準面と他の部分との高さの差分に対応する検出信号を各計測点でのオフセット値とする。これにより、その基準面を合焦させることができる。

【0015】次に、その合焦及びレベリングを行うための手順の他の例は、例えば図 8 (a) において、先ず光電検出手段による検出信号、及びプロセス構造に基づいて、基準面 (40B) から他の面 (40A, 40C) への高さの差分 ( $Z_A - Z_B$ ) に応じたオフセット値を求め、このオフセット値を結像面 (42) の高さに応じた検出信号のレベルに加算することである。この加算結果に対応する面は破線で示すような面 (42A) となる。そこで、例えば最小自乗法により、各計測点 (P1~P5) の検出信号とその面 (42A) の検出信号との差分

が最小になるように基板 (W) の高さを制御することにより、図 8 (b) に示すように、基準面 (40B) が実際の結像面 (42) に合焦される。

【0016】また、その投射光学系から投影光学系 (P L) による露光領域 (SA) 内に焦点検出用のパターンの像 (S T) を投影する際に使用される光束 (I L) を、100 nm 以上の帯域幅を有する光束とした場合、感光性の基板 (W) 上の感光材料 (フォトリソ等) での薄膜干渉の悪影響等が軽減される。また、投射光学系内からそれら複数の光電検出手段までの光路上に、その投射光学系から投影光学系 (P L) による露光領域内に高さ検出用のパターンの像 (S T) を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタ (60) を配置した場合には、焦点検出用の照明光の波長毎の光強度分布が例えば図 15 (a) のように不均一であっても、その光強度分布とはほぼ逆の特性となるように、その光学的フィルタ (60) の透過率分布を例えば図 15 (b) のように設定することにより、光電検出手段から得られる検出信号の波長特性は図 15 (d) に示すように平坦になる。従って、特定の波長の信号に大きく影響されることなく、正確に高さ検出を行うことができる。

【0017】

【実施例】以下、本発明による投影露光装置の一実施例につき図面を参照して説明する。図 1 は本実施例の投影露光装置のうち、投影光学系のベストフォーカス面 (結像面) を検出する TTL (スルー・ザ・レンズ) 方式の焦点検出系を示す図である。図 1 において、実デバイス製造用の回路のパターン領域 PA が下面に形成されたレチクル R は、不図示のレチクルホルダーに保持されている。絞り面 (瞳面) E P を挟んで前群、後群に分けて模式的に表した投影光学系 P L の光軸 AX は、レチクル R の中心、すなわちパターン領域 PA の中心を、レチクルパターン面に対して垂直に通っている。その光軸 AX に平行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内で図 1 の紙面に平行に X 軸を、図 1 の紙面に垂直に Y 軸を取る。

【0018】投影光学系 P L の下方には、フォトリソが塗布されたウエハ W を保持する Z・レベリングステージ 20 が、XY ステージ 21 上に設けられている。Z・レベリングステージ 20 は、ウエハ W を光軸 AX 方向に微量 (例えば  $\pm 100 \mu\text{m}$  以内) だけ移動させてフォーカシングを行うと共に、ウエハ W の傾斜角を制御してレベリングを行う。また、XY ステージ 21 はウエハ W を光軸 AX と垂直な XY 平面内で 2 次元移動させるものであり、XY ステージ 21 の X 方向及び Y 方向の座標は不図示のレーザ干渉計により常時計測されている。

【0019】更に、Z・レベリングステージ 20 の上面には、ウエハ W の表面とほぼ等しい高さ位置で基準マーク板 FM が固定されている。この基準マーク板 FM には、図 2 (a) に示すようにそれぞれ X 方向に伸びた複

数本の透過型スリットをY方向に一定ピッチで配置した構造のスリットマークIS<sub>y</sub>と、Y方向に伸びた複数本の透過型スリットをX方向に一定ピッチで配置した構造のスリットマークIS<sub>x</sub>と、X方向及びY方向の夫々に対して45°となる方向に斜めに伸びたスリットマークIS<sub>a</sub>とが形成されている。これらのスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>は、石英製の基準マーク板FMの表面全面にクロム層(遮光層)を蒸着し、そこに透明部として刻設したものである。

【0020】図1に戻り、基準マーク板FMの下方(Z・レベリングステージ20の内部)には、ミラーM1、照明用対物レンズ50、及び光ファイバー51の射出端が設けられ、光ファイバー51の射出端からの照明光が対物レンズ50によって集光されて、基準マーク板FM上のスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>を共に裏側から照射する。光ファイバー51の入射端側にはビームスプリッタ52が設けられ、レンズ系53を介して露光用照明光IEが光ファイバー51に導入される。その照明光IEはレチクルRの照明用の光源(水銀ランプ、エキシマレーザ光源等)から得るのが望ましいが、別に専用の光源を用意してもよい。但し、別光源にするときは、露光用照明光と同一波長、又はそれに極めて近い波長の照明光にする必要がある。

【0021】また、対物レンズ50による基準マーク板FMの照明条件は、パターン投影時の投影光学系PLでの照明条件と極力合わせられる。即ち、投影光学系PLの像側の照明光の開口数(N.A.)と対物レンズ50から基準マーク板FMへの照明光の開口数(N.A.)とをほぼ一致させるのである。さて、このような構成で、照明光IEを光ファイバー51に導入すると、基準マーク板FM上のスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>からは投影光学系PLへ入射する像光束が発生する。図1において、Z・レベリングステージ20の光軸AX方向の位置は、投影光学系PLの最良結像面(レチクルとの共役面)F<sub>o</sub>から僅かに下方に基準マーク板FMの表面が位置するように設定されているものとする。このとき基準マーク板FM上の一点から発生した像光束L1は投影光学系PLの瞳面E<sub>P</sub>の中心を通り、レチクルRのパターン面から僅かに下方へずれた面F<sub>r</sub>内で集光した後に発散し、レチクルRのパターン面で反射してから元の光路に戻る。ここで面F<sub>r</sub>は、投影光学系PLに関して基準マーク板FMと光学的に共役な位置にある。投影光学系PLが両側テレセントリック系であると、基準マーク板FMのスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>からの像光束は、レチクルRの下面(パターン面)で正反射して再びスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>と重畳するように戻ってくる。

【0022】但し、図1のように基準マーク板FMが結像面F<sub>o</sub>からずれていると、基準マーク板FM上には各スリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>のぼけた反射像

が形成され、基準マーク板FMが結像面F<sub>o</sub>と一致しているときは、面F<sub>r</sub>もレチクルRのパターン面と一致することになり、基準マーク板FM上には各スリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>のシャープな反射像がそれぞれのマークに重畳して形成されることになる。図2

(b)は基準マーク板FMがデフォーカスしているときのスリットマークIS<sub>x</sub>とその反射像IM<sub>x</sub>との関係を模式的に表したものである。両側テレセントリックな投影光学系PLでは、このように反射像IM<sub>x</sub>は自身の源であるスリットマークIS<sub>x</sub>上に投射される。そして基準マーク板FMがデフォーカスしていると、反射像IM<sub>x</sub>は、スリットマークIS<sub>x</sub>の形状寸法よりも大きくなり、且つ単位面積当りの照度も低下する。

【0023】そこで基準マーク板FM上にできる反射像のうち、元のスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>で遮光されなかった像部分の光束をミラーM1、対物レンズ50を介して光ファイバー51に導き、光ファイバー51から射出された光束をビームスプリッタ52、レンズ系54を介して光電センサ55で受光する。光電センサ55の受光面は投影光学系PLの瞳面(フーリエ変換面)E<sub>P</sub>とほぼ共役な位置に配置されている。図1の構成においては、Z・レベリングステージ20を上下方向(Z方向)に移動させるだけで投影光学系PLの結像面を決定するためのコントラスト信号を得ることができ

る。

【0024】図3(a)及び(b)はそれぞれ光電センサ55の出力信号KSの信号レベル特性を表し、横軸はZ・レベリングステージ20のZ方向の位置、即ち基準マーク板FMの光軸AX方向の高さ位置を表す。また、図3(a)はスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>がレチクルRのパターン面内のクロム部分に逆投影されたときの信号レベルを示し、図3(b)はそれらスリットマークがパターン面内のガラス部分(透明部分)に逆投影されたときの信号レベルを示す。通常、レチクルのクロム部分は0.3~0.5μm程度の厚みでガラス(石英)板に蒸着されており、クロム部分の反射率は当然のことながらガラス部分の反射率よりは格段に大きい。しかしながら、ガラス部分での反射率は完全に零ということはないので、図3(b)のように信号レベルとしてはかなり小さくなるが、ガラス部分でも検出は可能である。また、一般に実デバイス製造用のレチクルは、パターン密度が高いために、スリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>の全ての逆投影像がレチクルパターン中のガラス部分(透明部分)に同時にかかる確率は極めて少ないと考えられる。

【0025】何れの場合にしろ、基準マーク板FMの表面が最良結像面F<sub>o</sub>を横切るように光軸AXの方向に移動されると、Z方向の位置Z<sub>0</sub>で出力信号KSのレベルが極大値となる。従って、Z・レベリングステージ20のZ方向の位置と出力信号KSとを同時に計測し、出力

信号K Sのレベルが極大となったときのZ方向の位置を検出することで、最良結像面F oの位置が求まり、しかもこの検出方式ではレチクルR内の任意の位置で最良結像面F oの検出が可能となる。従って、レチクルRが投影光学系P Lの物体側にセットされてさえいれば、いつでも投影視野内の任意の位置で絶対フォーカス位置（最良結像面F o）が計測できる。また、先に述べたようにレチクルRのクロム層は0.3~0.5 μm厚であり、この厚みによって生じる最良結像面F oの検出誤差は、  
 10  $(0.3 \sim 0.5) \times (1/5)^2$ 、即ち0.012~0.02 μmとなり、これはほとんど無視できる値である。

【0026】次に図4を参照して本実施例の斜入射光式のAF系（焦点位置検出系）について説明するが、ここでは多点AF系を採用するものとする。多点AF系とは投影光学系P Lの投影視野内の複数箇所に、ウエハWの光軸方向の位置ずれ（所謂焦点ずれ）を計測する測定点を設けたものである。図4において、ウエハW上のフォトレジストに対して非感光性の照明光I Lはスリット板1を照明する。そしてスリット板1のスリットを通った光は、レンズ系2、ミラー3、絞り4、投光用対物レンズ5、及びミラー6を介してウエハWを斜めに照射する。このとき、ウエハWの表面が投影光学系P Lの最良結像面F oにあると、スリット板1のスリットの像がレンズ系2、及び対物レンズ5によってウエハWの表面に結像される。また、対物レンズ5の光軸とウエハ表面との角度は5~12°位に設定され、スリット板1のスリット像の中心は、投影光学系P Lの光軸A XがウエハWと交差する点に位置する。

【0027】さて、ウエハWで反射されたスリット像の光束は、ミラー7、受光用対物レンズ8、レンズ系9、振動ミラー10、及び平行平板（プレーンパラレル）12を介して受光用スリット板14上にスリット像を再結像する。振動ミラー10は受光用スリット板14上にできるスリット像を、その長手方向と直交する方向に微小振動させるものであり、プレーンパラレル12はスリット板14上のスリットと、ウエハWからの反射光によるスリット像の振動中心との相対関係を、スリットの長手方向と直交する方向にシフトさせるものである。そして振動ミラー10は発振器（OSC）16からの駆動信号でドライブされるミラー駆動部（M-DRV）11により振動される。

【0028】こうして、スリット像が受光用スリット板14上で振動すると、スリット板14を透過した光束は、アレイセンサー15で受光される。このアレイセンサー15は、スリット板14のスリットの長手方向を複数の微小領域に分割し、各微小領域毎に個別の受光画素を配列したものであり、光電変換素子としてはシリコン・フォトダイオード又はフォトトランジスタ等が使用さ

れる。アレイセンサー15の各受光画素からの信号は、セレクター回路13を介して選択、又はグループ化されて、同期検波回路（PSD）17に供給される。この同期検波回路17には、発振器16からの駆動信号と同じ位相の交流信号が供給され、この交流信号の位相を基準として同期整流が行われる。

【0029】このとき、同期検波回路17はアレイセンサー15の中から選ばれた複数の受光画素の各出力信号を個別に同期検波するために、複数の検波回路を備え、その各検波出力信号F Sは主制御ユニット（MCU）30に供給される。各検波出力信号F Sは、所謂Sカーブ信号と呼ばれ、受光用スリット板14のスリット中心とウエハWからの反射スリット像の振動中心とが一致したときに零レベルとなり、ウエハWがその状態から上方に変位しているときは正のレベル、ウエハWが下方に変位しているときは負のレベルになる。従って、検波出力信号F Sが零レベルになるときのウエハWの露光面（例えば表面）の高さ位置が合焦点として検出される。但し、このような斜入射方式では、合焦点（検波出力信号F Sが零レベル）となったウエハWの高さ位置が、いつでも最良結像面F oと必ず一致しているという保証はない。即ち、斜入射方式ではその系自体で決まる仮想的な基準面を有し、その仮想的な基準面にウエハWの露光面が一致したときに同期検波回路17からの検波出力信号F Sが零レベルになるのであって、仮想的な基準面と最良結像面F oとは装置製造時等に極力一致するように設定されているが、長期間に亘って一致しているという保証はない。そこで、図4中のプレーンパラレル12を主制御ユニット30による制御のもとで傾けて、仮想的な基準面を光軸A X方向に変位させることで、その仮想的な基準面と最良結像面F oとの一致（又は位置関係の規定）を図ることができる。

【0030】また、主制御ユニット30は、図1の光電センサー55からの出力信号K Sを入力して、斜入射方式の多点AF系をキャリブレーションする機能、プレーンパラレル12の傾きを設定する機能、多点AF系の各検波出力信号F Sに基づいてZ・レベリングステージ20の駆動用モータ19を駆動する駆動部（Z-DRV）18へ指令信号D Sを出力する機能、及びXYステージ21を駆動するための駆動部（モータとその制御回路とを含む）22を制御する機能等を備えている。

【0031】図5は、投影光学系P Lの投影視野I fと、多点AF系からのスリット像S Tとの位置関係をウエハWの表面上で見た図である。投影視野I fは一般に円形であり、レチクルRのパターン領域P Aのパターン像が投影されるショット領域S Aは、その円形内に含まれる矩形となっている。スリット像S Tは、XYステージ21の移動座標軸でもあるX軸及びY軸のそれぞれに対して45°程度傾けてウエハW上に投影される。従って、投光用対物レンズ5及び受光用対物レンズ8の両光

軸 A F x のウエハ W への射影は、スリット像 S T と直交した方向に伸びている。更に、スリット像 S T の中心は、光軸 A X とほぼ一致するように定められている。このような構成で、スリット像 S T は、ショット領域 S A 内で出来るだけ長く伸びるように設定される。

【0032】一般にショット領域 S A には、それまでの露光工程等により凹凸を有する回路パターンが形成されている。この場合、デバイス製造のプロセスを経る度に、その凹凸の状態の変化量が増大し、スリット像 S T の長手方向においても、その凹凸の状態が大きく変化することがある。特に 1 つのショット領域内に複数のチップパターンを配置する場合、各チップパターンを分離するためのスクライブラインがショット領域内に X 方向又は Y 方向に伸びて形成されることとなり、スクライブライン上の点とチップパターン上の点との間には、極端な場合で  $2\mu\text{m}$  以上の段差が生じることもある。スリット像 S T 内のどの部分にスクライブラインが位置するかは、設計上のショット配列やショット内のチップサイズ等によって予め分かるので、スリット像 S T の長手方向の任意の部分からの反射光が回路パターン、又はスクライブラインの何れからの反射光であるのかは認識できる。

【0033】図 6 は、受光用スリット板 14 とアレイセンサー 15 とを分離した状態を示し、この図 6 において、スリット板 14 はガラス基板上にクロム層（遮光膜）を全面に蒸着し、その一部にエッチングにより透明なスリットを形成したものである。このスリット板 14 を、保持フレーム 14 A 上に固定し、この保持フレーム 14 A を、アレイセンサー 15 を保持するセラミックス等のプリント基板 15 A 上に例えば不図示のねじを用いて固定する。これによって、スリット板 14 のスリットはアレイセンサー 15 の一次元の受光画素の配列と平行になって密着される。このようにスリット板 14 とアレイセンサー 15 とは極力密着又は近接させた方が良いが、スリット板 14 とアレイセンサー 15 との間に結像レンズ系を設け、スリット板 14 とアレイセンサー 15 とを光学的に共役にしてもよい。なお、先の図 6 で示したスリット像 S T のウエハ W 上での長さは、投影視野 I f の直径によっても異なるが、投影光学系 P L の倍率が  $1/5$ （縮小）で、投影視野 I f の直径が  $32\text{mm}$  前後である場合、その投影視野 I f の直径の 1 倍～ $1/3$  倍程度にするのが望ましい。

【0034】さて、図 7 は、アレイセンサー 15、セレクト回路 13、同期検波回路 17、及び主制御ユニット 30 の具体的な回路構成の一例を示し、この図 7 において、セレクト回路 13 は 5 個のセレクト回路 13 A～13 E より構成され、同期検波回路 17 も 5 個の同期検波回路 17 A～17 E より構成されている。そして、アレイセンサー 15 の受光画素を 5 つのグループ G a～G e に分け、各グループ内からセレクト回路 13

によりそれぞれ 1 つの受光画素を選択する。この場合、グループ G a～G e は、それぞれ図 5 のスリット像 S T に沿った 5 つの計測点 P 1～P 5 の前後のスリット像を検出する。また、一例として、ここではセレクト回路 13 A～13 E において、計測点 P 1～P 5 上のスリット像を受光する受光画素の検出信号を選択するものとする。

【0035】具体的に、図 7 において、アレイセンサー 15 の受光画素のグループ G a 内には複数の受光画素が含まれ、セレクト回路 13 A によってそれら受光画素内で計測点 P 1 上の像を検出する受光画素を選択し、この受光画素の出力信号を同期検波回路 17 A に供給する。なお、セレクト回路 13 A は、グループ G a 内の受光画素の内任意の 1 つを選択してその出力信号を同期検波回路 17 A に送る機能の他に、グループ G a 内の隣接する 2 つ、又は 3 つの受光画素を任意に選び、それらの出力信号を加算した信号を同期検波回路 17 A へ送る機能をも備えている。同様に、グループ G b～G e 中の各受光画素からの出力信号もそれぞれセレクト回路 13 B～13 E 内で選択され、選択された出力信号がそれぞれ同期検波回路 17 B～17 E へ供給される。

【0036】同期検波回路 17 A～17 E は、それぞれ発振器 16 からの基本波交流信号を受け取って検波出力信号 F S a～F S e を出力する。これらの検波出力信号 F S a～F S e は、主制御ユニット 30 内のアナログ／デジタル変換器（A D C）30 A でそれぞれデジタルデータに変換されて補正演算部 30 B、及び偏差検出部 30 C に供給される。補正演算部 30 B には、露光プロセスデータ記憶部 30 F より当該ウエハのプロセス構造に関するデータ（露光面の凹凸分布、及び凹凸の段差のデータを含む）も供給されると共に、記憶部 30 D より信号較正用のオフセット値も供給されている。そして、補正演算部 30 B は、一例として 5 つの検波出力信号の値、即ちウエハ上の 5 点でのフォーカスずれ量、及びプロセス構造に関するデータ等に基づいて、ウエハ上の各計測点の Z 方向での目標位置に対応する検波出力値を算出し、その値を偏差検出部 30 C に供給する。この偏差検出部 30 C は、補正演算部 30 B からの出力値と A D C 30 A からの検波出力値との偏差を検出し、この偏差を少なくするような指令信号 D S を図 4 の駆動部 18 に供給する。

【0037】より具体的に、偏差検出部 30 C では、例えば補正演算部 30 B からの目標とする検波出力信号と A D C 30 A からの検波出力信号 F S a～F S e との偏差の自乗和が最小になるように、即ち最小自乗法により、駆動部 18 を制御する。これにより、Z・レベリングステージ 20 の Z 方向の位置、及び傾斜角が制御されて、図 5 の計測点 P 1～P 5 の平均的な面が投影光学系 P L の結像面に合致するように合焦が行われる。

【0038】なお、図 5 では計測点 P 1～P 5 が 1 直線

上に配列されているため、制御される傾斜角はウエハWの表面でスリット像STに垂直な直線を軸とする傾斜角のみである。ウエハW上の表面の直交する2軸の回りの傾斜角を制御するには、それら計測点P1~P5を2次元的に配列する（例えば複数のパターン像を平行に並べるか、あるいは互いに交差させるように形成する）か、又は後述のようにウエハW上のショット領域SAをスリット像STに対して所定方向に走査して、そのショット領域SAの全面での高さ分布を計測すればよい。

【0039】また、図7において、記憶部30Dに予め記憶されているオフセット値は、較正值決定部30Eによって計測、算出されるものであり、較正值決定部30Eは5つの検波出力信号Fsa~Fse、及び光電センサ55の出力信号KSより、多点AF系の仮想的な基準面とベストフォーカス面Foとの偏差を、検波出力上の零レベルからの偏差電圧として求める。較正值決定部30E内には、5つの検波出力のそれぞれのレベルと信号KS（図3参照）とを同時にデジタルサンプリングするためのアナログ／デジタル変換器、及び波形メモリ等も含まれている。

【0040】ここで図9を参照して、較正值決定部30Eの具体的な構成例を説明する。先ず TTL（スルー・ザ・レンズ）方式の絶対フォーカス検出系の光電センサ55からの出力信号KSは、アナログ／デジタル変換器（ADC）300に入力され、その信号レベルに対応したデジタル値に変換されてメモリとしてのRAM301に記憶される。このRAM301のアドレス指定は、カウンタ304によって行われるが、カウンタ304の計数、及びADC300の変換タイミングは何れもクロックジェネレータ（CLK）303からのクロックパルスに同期している。同様に、5つの検波出力信号Fsa~Fseの1つが、選択スイッチ308を介してADC305に供給され、ここで変換されたデジタル値はカウンタ307によってアドレス指定されるRAM306に記憶される。従って、RAM301、306には、それぞれ出力信号KS、及び選択された1つの検波出力信号の時間的に変化する波形が取り込まれる。これらRAM301、306内の波形は、演算処理部310でスムージング、及び極大値検出等を行う際の処理データとして使用される。

【0041】なお、演算処理部310は、RAM301、306に信号波形を取り込むために、Z・レベリングステージ20のZ方向への等速移動を制御するための信号を駆動部18へ出力すると共に、多点AF系の各計測点の位置に図2（a）のスリットマークISx、ISy、ISaの中心を移動させるための駆動信号を図4のXYステージ用の駆動部22へ出力する。

【0042】図10（a）は、1つの検波出力信号FSの変化特性を示し、Z・レベリングステージ20をZ方向にベストフォーカス面を含む一定範囲内で等速移動さ

せたときにRAM306に格納される波形データに対応する。また、図10（b）はそのときにRAM301内に格納される信号KSの波形を表す。同期検波信号は零点を中心にほぼ点対称な波形になるため、零点よりも小さな負レベルのデータについては、負レベルも考慮してアナログ／デジタル変換される。

【0043】図9のRAM301内には、図10（b）に示す極大値を取る信号KSの波形が時間tに対応するアドレスに格納されるので、演算処理部310は、その波形を解析して極大点を得られた時点T<sub>1</sub>を求める。次に、演算処理部310は、RAM306内の時点T<sub>1</sub>に対応するアドレスポイントを求め、このアドレスポイントに記憶されている検波出力信号FSのレベルΔFSを求める。このレベルΔFSは、検波出力信号FS上の零点からのオフセット電圧であり、この図10（a）のような検波出力を発生する多点AF系の測定点では、検波出力が+ΔFSになるようにその測定点でのウエハ表面をZ方向に移動させると、そのウエハ表面とベストフォーカス面Foとが合致することになる。

【0044】ところで、図9の回路を使うときには、図4のXYステージ21を移動させて、基準マーク板FM上のスリットマークの中心が多点AF系の各測定点の何れか1つの位置に来るように位置決めされる。その位置決めはそれ程厳密である必要はなく、多点AF系の測定点とスリットマーク群の中心とが、X方向及びY方向に100μm前後ずれていてもよい。従って、多点AF系の測定点、即ち図5に示したスリット像ST内の測定点P1~P5が決まったら、それらの測定点を中心に±100μm程度の範囲でスリットマーク群の位置をX方向及びY方向にずらすと共に、Z方向に振って、信号KSのピークがある程度大きくなる座標位置を求めてもよい。また、これは確率的には極めて小さいが、スリットマーク群の全てがレチクルRの透過部に一致してしまう不都合（信号KSのSN比の低下）をなるべく避けるためである。但し、較正動作を高速に行うときは、信号のピークが大きくなる座標位置をサーチしなくとも、ほぼ同等の精度でオフセット値ΔFSを求めることが可能である。また、そのオフセット値は各測定点P1~P5毎に求められる。

【0045】このようにして、図5の各計測点P1~P5がそれぞれZ方向で投影光学系PLによる最良結像面の位置に合致するときの検波出力信号Fsa~Fseの値、即ちその最良結像面でのオフセット値BFa~BF<sub>e</sub>が求められる。図5において、ショット領域SAを例えばX方向にスリット像STに対して走査してショット領域SAの全面に分布する計測点で検波出力信号を求める際にも、各計測点でのオフセット値はそのようにして求めたオフセット値BFa~BF<sub>e</sub>内の何れかの値である。

【0046】次に、本実施例における合焦及び露光動作

の一例につき図5、図8、図11、及び図12を参照して説明する。この場合、前提として、図5の各計測点P1～P5をそれぞれ投影光学系PLの結像面に合焦させた場合の検波出力信号F S a～F S eの値、即ち多点A F系の仮想的な基準面に対する結像面のオフセット値B F a～B F eは予め計測されているものとする。なお、図4のプレーンパラレル12の回転角を調整すれば、それらオフセット値B F a～B F eはほぼ0にすることができるので、ここでもそれらオフセット値B F a～B F eは0に近い値である。また、XYステージ21を駆動した際のZ・レベリングステージ20の走り面と投影光学系PLの最良結像面とは実質的に平行であるとみなす。

【0047】先ず、図11のステップ101において、XYステージを駆動して図5に示すように、計測対象（露光対象）のショット領域S Aの中央部を斜入射多点A F系からのスリット像S Tの投影領域上に移動する。その後、ステップ102において、スリット像S Tの中心の計測点P3でオートフォーカスを行う。即ち、計測点P3に対応する検波出力信号F S cが最良結像面のオフセット値B F cになるようにZ・レベリングステージ20のZ方向の高さを調整し、この状態でZ・レベリングステージ20をロックする。従って、これ以後は計測が終了するまでZ・レベリングステージ20の高さ、及び傾斜角は一定である。このように一度オートフォーカスを行うのは、ショット領域S A内の凹凸の分布が多点A F系の検出範囲から外れるのを防止するためである。

【0048】但し、本実施例ではステップ102においてスリット像S Tの中心の計測点P3でオートフォーカスを行う代わりに、ショット領域S A内部又は近傍に基準面となる平面がある場合は、この平面にてオートフォーカスを行ってもよい。このときの計測点はP3である必要はなく、この平面に最も近い計測点を選択してもよい。また、露光プロセスデータを用いてオートフォーカスを行うべき計測点を決定するようにしてもよい。要は計測点P3である必要はなく、多点A F系のスリット像S Tでウエハを走査するときに、その走査範囲内のどこ点であっても多点A F系によって検出されるフォーカス位置のずれ量がその検出範囲（Sカーブによって決まる）から外れなければよい。

【0049】次に、ステップ103において、XYステージ21を駆動して、図5に示すようにショット領域S Aをスリット像S Tの-X方向に手前側の計測開始位置S Bに移動させた後、ステップ104において、XYステージ21を駆動して、スリット像S Tに対してX方向にショット領域S Aを走査し、補正演算部30B内のメモリに各検波出力信号F S a～F S eを格納する。この際、XYステージ21の座標はレーザ干渉計により計測されているため、そのメモリ内でレーザ干渉計で計測される座標に対応するアドレスに順次検波出力信号F S a

～F S eを格納していけばよい。その後、ステップ105において、得られた検波出力信号F S a～F S e（それぞれ時系列の信号となっている）に基づいてショット領域S A内のプロセス段差の分類を行う。

【0050】具体的に、図8（a）はウエハW上のそのショット領域S A内の或る断面を示し、この断面上に計測点P1～P5が設定されている。なお、実際にはウエハW上にはフォトレジストが塗布されているが、フォトレジストは省略してある。図8（a）において、多点A F系の仮想的な基準面41上に各計測点P1～P5が来ると、対応する検波出力信号F S a～F S eがそれぞれ0となる。また、投影光学系PLの最良結像面42はその仮想的な基準面41からは或る程度外れているものとしている。この場合、ウエハW上には既に複数層の回路パターンが形成され、それに応じてその表面は凹凸となっている。そのため、各計測点P1～P5で得られる検波出力信号をF S a～F S eとすると、これら検波出力信号の値もその凹凸に応じた値となっている。

【0051】例えばウエハW上の凸部のパターン領域40A上に計測点P1、P2が位置し、凹部のパターン領域40B上に計測点P3が位置し、凸部のパターン領域40C上に計測点P4、P5が位置しているものとする。計測点P3での検波出力信号F S cの値が最も小さくなる。これを利用して、本実施例の図7の補正演算部30Bは、隣接する計測点に対応する検波出力信号の差分を求めることにより、当該ショット領域の凹凸分布を求める。また、補正演算部30Bには、露光プロセスデータ記憶部30Fからプロセス構造に関するデータも供給されているため、補正演算部30Bは、上述のように求めた凹凸分布と、そのプロセス構造との比較より計測点P1～P5が位置するパターン領域40A～40Cを識別できる。

【0052】これにより、例えば各パターン領域40A～40Cが、メモリセル部、周辺回路部（ロジック部）、又はスクライプライン等の何れに属するのかが判別される。また、補正演算部30Bは、供給されたデータより、各パターン領域40A、40Cの段差Z<sub>1</sub>、及びパターン領域40Bの段差Z<sub>2</sub>を認識できる。これらの段差はウエハWの回路パターンの無い部分からの高さであるが、後述のようにこれらの段差の差分だけが問題となる。

【0053】また、前記隣接する計測点間での差分データにより得た段差情報より、各々の段差領域内での検波出力信号について分散等（ばらつき）を求めることにより、各段差領域内のパターン密度の違い等による段差を知ることができる。これにより計測点P1～P5の前後で安定した計測点を求めることもできる。次に、ステップ106において、ショット領域S A上で合焦させたい部分の面を合焦基準面として決定する。例えば図8

（a）において、計測点P3が位置するパターン領域4

0 B上に最も線幅の狭いパターンが露光されるものとして、パターン領域40 Bを合焦基準面とする。但し、ショット領域S A内で最も広い(面積が大きい)パターン領域(例えばパターン領域40 A)を合焦基準面とする場合も有り得る。合焦基準面は、ショット領域内のパターン領域毎の合焦の優先度(パターン線幅、ピッチ等に応じて定まる)に従って選択、決定すればよい。

【0054】その後、ステップ107において、計測点P1~P5における検波出力信号F a~F eに対するオフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ を求める。図8(a)において、検波出力信号からZ方向への変位への変換係数をkとすると、合焦基準面であるパターン領域40 B上の計測点P3における検波出力信号F cに対するオフセット値 $\Delta c$ は0である。また、計測点P1, P2, P4, P5における検波出力信号F a, F b, F d, F eに対するオフセット値 $\Delta a, \Delta b, \Delta d, \Delta e$ は、それぞれ $(Z_1 - Z_3) / k$ となる。

【0055】次に、ステップ108において、補正演算部30 Bは、図8(a)の最良結像面42での検波出力信号のオフセット値B F a~B F eに、ステップ107で求めたオフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ を加算する。これは、実線で示す最良結像面42を点線で示すような仮想的な段差を含む最良結像面42 Aに変換するのと等価であり、その仮想的な最良結像面42 Aに対してパターン領域40 A~40 Cを合焦させることになる。

【0056】即ち、ステップ109において、補正演算部30 Bは、仮想的な最良結像面42 Aの検波出力信号、即ち $(B F a + \Delta a) \sim (B F e + \Delta e)$ を偏差検出部30 Cに供給する。また、偏差検出部30 Cには実際のパターン領域40 A~40 Cに対応する検波出力信号F a~F eがリアルタイムで供給されている。そこで、偏差検出部30 Cが、Z・レベリングステージ20用の駆動部18に対して、例えば最小自乗法を利用して、オフセット値 $(B F a + \Delta a) \sim (B F e + \Delta e)$ と検波出力信号F a~F eとの偏差の自乗和が最小になるような駆動信号を供給する。これにより、図8(b)に示すように、合焦基準面であるパターン領域40 Bは、実際の最良結像面42に合致する。その後、ステップ110で露光を行うことにより、最も線幅の狭いパターンが高い解像度で露光される。

【0057】このとき、パターン領域40 B以外のパターン領域40 A, 40 Cは投影光学系の焦点深度内に設定されるが、前述のステップ107においてオフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ が焦点深度を超え得るときには、例えばオフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ に重み付けを行ってパターン領域40 A, 40 Cが焦点深度内に入るように合焦基準面を見掛け上Z方向にシフトさせるようにしてもよい。これは、ショット領域の全面が焦点深度内に入っている場合にも適用可である。また、単純にパターン領域40 A, 40 Cが焦点深度の幅内に入るように、合焦基準面(パ

ターン領域40 B)をシフトさせてもよい。

【0058】なお、上述の実施例では図7に示すように、偏差検出部30 Cで目標値と実際の検波出力信号とを比較する方式であるため、目標値である最良結像面42に段差のオフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ を加算していた。しかしながら、図7において実際の検波出力信号にオフセット補正を行って偏差検出部30 Cに供給する方式を採用ときには、実際の検波出力信号からそれらオフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ を差し引けばよい。

【0059】なお、実際には、図5のショット領域S Aの全面に分布する計測点での検波出力信号が得られ、ショット領域S Aの全面での凹凸分布が識別される。しかしながら、図7においてADC30 Aからリアルタイムで供給される検波出力信号は図5のスリット像S T上の5点での検波出力信号のみである。また、スリット像S T上のデータを用いるのみでは、スリット像S Tに平行な軸の回りの傾斜角の補正ができない。そこで、そのスリット像S Tに平行な軸の回りのウエハWの傾斜角の補正は一例としてオープンループで行う。即ち、ショット領域S Aをスリット像S Tに対して走査することにより、図8(a)に示すように、仮想的な最良結像面42 Aの検波出力信号と、実際のパターン領域での検波出力信号とが求められる。そこで、予め、図4の駆動部18の制御量とZ・レベリングステージ20の傾斜角の関係を求めておき、実際のパターン領域での検波出力信号と仮想的な最良結像面42 Aの検波出力信号との差分を打ち消す量だけZ・レベリングステージ20の傾斜角を制御する。これにより、オープンループ制御で、図5のショット領域S Aの全面に分布する最も線幅の狭いパターンが露光されるパターン領域が全体として投影光学系P Lの最良結像面に合焦される。

【0060】なお、図11のステップ104において、ステップ104 Aで示すように、XYステージ21をX方向に一定ピッチでステップングさせて、そのXYステージ21が停止する毎に、即ちその一定ピッチで検波出力信号F a~F eをメモリに格納するようにしてもよい。この方法により、XYステージ21の動きに伴う空気の揺らぎの影響が低減されるという効果がある。

【0061】また、図11のステップ101~102の動作の代わりに、図12のステップ111及び112のようにしてもよい。即ち、このステップ111では、先ずXYステージ21を駆動して、図5に示すように、ショット領域S Aを計測開始位置S Bに移動させる。その後、ステップ112において、図5のスリット像S Tの中央の計測点P3でオートフォーカスを行って、Z・レベリングステージ20のフォーカス位置をロックする。その後、図11のステップ104又は104 Aに移行してショット領域S Aの全面での検波出力信号のサンプリングを行う。その後の処理は図11の動作と同じである。この図12のシーケンスでは、ウエハステージ21



の動作に無駄がなく計測が効率的に行われる。

【0062】なお、上述実施例では、図4においてXYステージ21を駆動した際のZ・レベリングステージ20の走り面と投影光学系PLの最良結像面とがほぼ平行であるとみなしていた。これに対して、Z・レベリングステージ20の走り面と投影光学系PLの結像面とが平行でない場合には、次のような補正動作が必要となる。即ち、XYステージ21を駆動したときのZ・レベリングステージ20の走り面と投影光学系PLの結像面との偏差（像面傾斜、湾曲等）を装置定数として例えば補正演算部30B内のメモリに持つようにする。この場合、例えば図11のステップ104の方法で求めた検波出力信号は、Z・レベリングステージ20の走り面を基準とした計測結果を示しているの、その計測結果に装置定数として記憶している結像面との偏差量を加算してやればよい。

【0063】また、上述実施例では図5に示すように、ウエハW上の1つのショット領域SAで凹凸分布を求めているが、ウエハW上の他のいくつか（1つ以上）のショット領域でも同じ計測を行って、得られた検波出力信号を平均化し、平均化して得られた結果とプロセス構造との比較からウエハ上の各ショット領域内の凹凸分布を求めてもよい。これにより、フォトレジストの塗布むらの影響等が軽減される。

【0064】次に、上述実施例では図5に示したようにウエハW上の所定のショット領域SA内でZ方向の位置検出を行っていたが、ウエハWの全面で例えばショット領域の配列ピッチの整数分の1のピッチでZ方向の位置検出を行ってもよい。具体的に、ショット領域のX方向への配列ピッチが $P_x$ であれば、X方向でのフォーカス位置計測の間隔は、2以上の整数Nを用いて $P_x/N$ となる。このとき、ショット領域の配列ピッチと同じ周期で、多点AF系からの検波出力信号の出力変化が繰り返される。

【0065】この場合、ウエハの露光面に塵等の異物があるか、又はウエハに反り等による形状変化があると、そのショット領域での多点AF系の出力変化が他のショット領域での出力変化と異なる。そこで、検波出力信号をショット領域の配列ピッチに対応する周期でサンプリングした値の平均値からの偏差が、所定の閾値以上となっているショット領域に対しては、合焦基準面に対する検波出力信号のオフセット量を別に算出することが望ましい。また、この様な異物や反り等の影響が表されているショット領域に対しては、警告またはエラーとしてアシスト処理（オペレータコール）等の処理を行っても良い。

【0066】次に、上述実施例ではSカーブ状に変化する検波出力信号FSよりウエハWの露光面のZ方向の位置（フォーカス位置）を計測している。図13の曲線44は、その検波出力信号FSの一例を示し、この図13

において、従来は曲線44の内で直線45でほぼ近似できる区間を用いて、検波出力信号FSからZ方向の位置を求めていた。しかしながら、これではZ方向での位置検出範囲が狭いという不都合がある。そこで、位置検出範囲を広くするため、例えば図4のZ・レベリングステージ20を移動ピッチ $\Delta Z$ でZ方向に移動させたときの検波出力信号FS（実際にはFSa～FSeのそれぞれについて計測する）をメモリに記憶させておく、即ち、図13の曲線44を近似的に求めておくのが望ましい。この場合、Z方向の位置に対して検波出力信号FSの値が記憶される。

【0067】そして、実際にZ方向の位置計測を行う際には、検波出力信号FSの値が $V_i$ であれば、曲線44からZ方向の位置 $Z_i$ が正確に求められる。これに対して、曲線44を直線45で近似した場合には、検波出力信号が $V_i$ のときのZ方向の位置は $Z_j$ となり誤差が生ずる。次に、上述実施例では、実際の計測結果に基づいてZ・レベリングステージ20の傾斜角の制御を行っている。しかしながら、投影光学系PLの結像面のXYステージ21の走り面に対する傾斜角は予め既知であるので、その傾斜角を予めZ・レベリングステージ20で行っておくようにしてもよい。これにより、多点AF系でZ方向の位置検出を行った場合に、傾斜角のずれ量が小さくなり、各計測点毎に算出されるオフセット値が小さくなる。従って、合焦に要する時間が短縮されると共に、合焦精度も向上する。

【0068】また、上述実施例では、図4に示すように多点AF系の受光系に配置されたプレーン平行12の傾斜角により、多点AF系の仮想的な基準面と最良結像面との位置関係を調整できるようになっている。これは、検波出力信号FSa～FSeに共通に現れるオフセット値はそのプレーン平行12の傾斜角で除去できることをも意味する。

【0069】ところが、受光系側にのみプレーン平行12を設けたものでは補正量が少ないので、送光系側にもプレーン平行を配置してもよい。このように2枚のプレーン平行で結像位置を補正することにより、結像位置の補正量を大きくできる。しかも、送光系及び受光系の双方にプレーン平行を入れて補正することにより、ウエハ上での明暗パターンの位置ずれをも補正できる。

【0070】なお、多点AF系の送光系にプレーン平行を配置し、例えば図11のステップ109でこのプレーン平行を用いて共通のオフセット補正を行うと、ステップ104で検波出力信号を計測したときと、ステップ109で検波出力信号を計測するときとで、ウエハW上でのスリット像STの位置ずれが生ずる。そこで、この位置ずれの影響を低減させるためには、プレーン平行の傾斜角に対するウエハW上でのスリット像STの位置ずれ量を予め測定しておき、ステップ109



で各計測点に対応して最良結像面のオフセット値に付加するオフセット量を、その予め測定しておいた位置ずれ量に基づいて補正すればよい。

【0071】次に、上述実施例では、図5に示すように、ウエハW上のショット領域SAに対して対角線方向に斜めにZ方向の位置検出用のスリット像STが投影され、このスリット像ST上の5点が計測点P1～P5として選択されている。これに対して、図14に示すように、ショット領域SA上に、X方向及びY方向に所定ピッチで2次的にN個（図14ではNは25）の計測点P11, P12, …, P74を設定し、これら計測点にそれぞれ焦点検出用のパターン像を投影してもよい。この場合、各パターン像を受光する受光素子（受光画素）の個数も計測点と同じ個数になり、例えば同期検波方式を採用する場合、全ての計測点からのパターン像の光電変換信号を並行して処理するのは困難である。そこで、例えば図7に示すようなセレクター回路13A～13Eを用いて、それらN個の光電変換信号から5個ずつの光電変換信号を選択し、時分割的に同期検波を行うようにしてもよい。このような時分割方式により、回路構成が簡略化される。

【0072】また、焦点検出を行うのに、スリット像を投影する代わりに、例えば所定ピッチの格子状のパターン像をウエハ上に斜めに投影するようにしてもよい。この場合、そのウエハからの反射光を用いて、例えば2次元CCD等の2次元の撮像素子上にその格子状のパターン像を再結像し、再結像された像の横ずれ量から対応するウエハの露光面でのZ方向への位置ずれ量が求められる。

【0073】また、スリット像を投影して例えば1次元のラインセンサ上での再結像されたパターン像の位置を検出してZ方向への位置ずれ量を求める方式でもよい。この方式ではキャリブレーション用のプレーンパラレルを設けなくてもよく、常に電氣的なオフセットを用いるようにすればよい。ショット領域内の高さが異なる少なくとも2つのパターン領域（スクライプライン等を含む）の各々に少なくとも1つの計測点を設定すればよいが、例えば各パターン領域に複数の計測点を設定し、オフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ を求めるときは領域毎にその複数の計測値を統計処理又は平均化又は加重平均化処理して、オートフォーカス動作時には領域毎にその求めたオフセットを1つの計測点に与えてその計測点での検波出力信号を用いるようにしてもよい。要は、1つのパターン領域内に複数の計測点があるとき、各計測点毎にそのオフセットを求める必要はなく、また複数の計測点の各々で全てショット面と結像面とを合わせるようなオートフォーカス動作を行わなくてもよく、パターン領域毎に少なくとも1つの計測点でのオフセットを求め、当該計測点を用いてオートフォーカス動作を行えばよい。

【0074】次に、上述実施例の図4に示す斜入射方式

のAF系（焦点位置検出系）では、焦点検出用の照明光ILとして、ウエハW上のフォトリソストに対して非感光性、又は感光性の弱い波長域の光が使用されている。更に、フォトリソストでは、入射する光束による薄膜干渉が生ずるため、特にその光束が単色光の場合にはそのフォトリソストの厚さによって反射される光の強度がかなり弱くなることがある。そこで、その薄膜干渉の悪影響を軽減するためには、その照明光ILとして100nm以上の帯域幅を有する光束を使用することが望ましい。具体的に、照明光ILとしては、ハロゲンランプから照射される光束より波長選択フィルタにより選択された、例えば700nm～900nm程度の波長域の光束が使用できる。また、発光ダイオードからの700nm～900nm程度の波長域内の照明光を使用してもよい。更に、例えば複数の半導体レーザ素子からの光束を混合して得られる複数の単色光を照明光ILとしてもよい。

【0075】但し、照明光ILとして所定の波長域、又は複数波長の光束を使用した場合、波長に対する光強度の分布が均一でなく、例えば特定の波長の光強度が強いと、その特定の波長で薄膜干渉の影響を受ける恐れがある。そこで、それを避けるためには、図4に示すように、AF系のアレイセンサー15の前に、波長に対する光電変換信号の分布を均一化するための光学フィルタ板60を配置することが望ましい。なお、その光学フィルタ板60は、照明光ILを発生する不図示の光源とそのアレイセンサー15との間のどの位置に配置されていてもよい。

【0076】図15を参照して、具体的にその光学フィルタ板60の特性の一例につき説明する。先ず、照明光ILの波長 $\lambda$ に対する光強度 $L_e(\lambda)$ の分布が図15(a)に示すように山型であるとする。この場合、光学フィルタ板60の波長 $\lambda$ に対する透過率 $T(\lambda)$ の分布は、図15(b)に示すように、ほぼ谷型に設定する。但し、透過率 $T(\lambda)$ はアレイセンサー15における波長感度特性を考慮して補正してある。

【0077】即ち、例えばアレイセンサー15における波長 $\lambda$ に対する検出感度（出力信号／入射する光強度） $PSV(\lambda)$ が、図15(c)の点線で示すように右上がりとなっているものとする。この場合、光学フィルタ板60を通過してアレイセンサー15で受光される光束の波長 $\lambda$ に対する光強度 $L_r(\lambda)$ の分布は、光強度 $L_e(\lambda)$ と透過率 $T(\lambda)$ との積であるため、その光強度 $L_r(\lambda)$ の分布が図15(c)の実線のように多少右上がりの特性となるように透過率 $T(\lambda)$ の分布を定めておく。このとき、波長 $\lambda$ の光束に対してアレイセンサー15から出力される光電変換信号 $SR(\lambda)$ は、検出感度 $PSV(\lambda)$ と光強度 $L_r(\lambda)$ との積であるため、図15(d)に示すように波長 $\lambda$ に対してほぼ平坦な特性となる。これにより、フォトリソストにおける薄膜干渉

の悪影響を低減することができ、安定にウエハの表面の段差計測を行うことができる。

【0078】なお、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0079】

【発明の効果】本発明によれば、複数の計測点に対応する光電検出手段のそれぞれの検出信号、及び基板の露光面のプロセス構造に基づいて、複数の計測点毎に独立に基板上の合焦の基準面を投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求める演算手段を設けたため、基板の各ショット領域の凹凸の状態に依らず、各露光領域（ショット領域）を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行うことができる利点がある。

【0080】また、投射光学系から投影光学系による露光領域内に焦点検出用のパターン像を投影した状態で、基板ステージを駆動して基板を走らせることにより、露光領域内の全面に分布する複数の計測点でそれぞれ対応する光電検出手段の検出信号を求め、演算手段が、その全面に分布する複数の計測点での光電検出手段の検出信号、及び基板の露光面のプロセス構造に基づいて、複数の計測点毎に独立に基板上の合焦の基準面を投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求める場合には、簡単な構成の焦点検出用の光学系を使用して、基板の露光領域の全面の凹凸の状態を迅速に計測できる。従って、その露光領域の全面を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行うことができる利点がある。また、基板の保持具（ウエハホルダ等）の平坦度が悪くても、基板の反りがあっても、基板と保持具との間に異物等があっても、それらに起因する合焦エラーも防止できる。すなわち、露光領域の全面を結像面と合致ないし焦点深度内に設定できる。

【0081】更に、投射光学系から投影光学系による露光領域内に焦点検出用のパターン像を投影する際に使用される光束を100nm以上の帯域幅を有する光束とした場合には、感光性の基板上の感光材料（フォトレジスト等）での薄膜干渉の悪影響が軽減される利点がある。更に、その基板上の凹凸のエッジ部等により光束が散乱、又は回折されることがあるが、広帯域の光束を使用したときには、たとえ特定の波長の光束が弱くなっても、全体としてS/N比の良好な検出信号を得ることができる利点がある。

【0082】また、投射光学系内から複数の光電検出手段までの光路上に、焦点検出用のパターン像を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタを配置したときには、例えば広帯域の光束を使用した場合に、それら光電検出手段から出力される検出信号の波長に対する強度分布がほぼ平坦化されている。従って、特に所定の波長の光に影響されることがな

く、正確に基板の露光面の高さ分布を計測することができる。

【0083】次に、演算手段が、複数の計測点毎に独立に求められたオフセット値を用いて、投影光学系による結像面の高さに応じた目標値を補正する場合には、この補正後の目標値と実際に得られる検出信号とが合致するような閉ループ制御を行うことにより、高精度にフォーカシング及びレベリングを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影露光装置の一実施例における投影光学系の最良結像面の検出機構を示す一部断面図を含む構成図である。

【図2】（a）は図1の基準マーク板FM上のマーク配置を示す拡大平面図、（b）はこの基準マーク板FM上に再結像される像とマークとの関係を示す拡大図である。

【図3】図1の検出機構から出力される信号KSの変化の様子を示す図である。

【図4】実施例の多点AF系の光学系及び制御系を示す構成図である。

【図5】図4の多点AF系で投影光学系PLの露光フィールド内に投影されるスリット像を示す図である。

【図6】図4中のスリット板14とアレイセンサー15との関係を示す分解斜視図である。

【図7】図4中のアレイセンサー15、セレクト回路13、同期検波回路17、及び主制御ユニット30の詳細な構成を示すブロック図である。

【図8】本実施例で導入されるオフセット値の説明図である。

【図9】図7中の補正值決定部30Eの構成例を示すブロック図である。

【図10】検波出力信号FSと信号KSとの関係を示す図である。

【図11】実施例の焦点検出動作及び露光動作の一例を示すフローチャートである。

【図12】図11の動作の変形例を示すフローチャートである。

【図13】検波出力信号FSとZ方向の位置との関係を示す図である。

【図14】ウエハのショット領域上に2次元的に分布する計測点にそれぞれスリット像を投影する場合を示す拡大平面図である。

【図15】（a）は本発明の実施例の変形例において、AF系で使用される照明光の波長特性を示す図、（b）はその変形例で使用される光学フィルタ板60の透過率分布を示す図、（c）はアレイセンサー15で受光される光束の波長特性、及びアレイセンサー15の波長感度特性を示す図、（d）はアレイセンサー15から出力される光電変換信号の波長特性を示す図である。

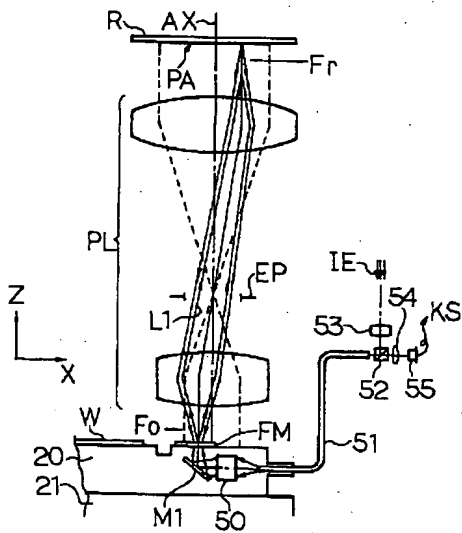
【符号の説明】

- 1 スリット板  
 10 振動ミラー  
 12 平行平面板 (プレーンパラレル)  
 13 セレクター回路  
 14 スリット板  
 15 アレイセンサー  
 17 同期検波回路  
 R レチクル  
 PL 投影光学系

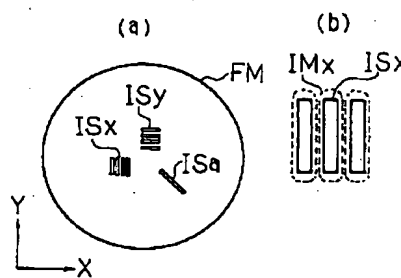
- \* W ウエハ  
 20 Z・レベリングステージ  
 21 XYステージ  
 30 主制御ユニット  
 30B 補正演算部  
 30C 偏差検出部  
 30F 露光プロセスデータ記憶部  
 60 光学フィルタ板

\*

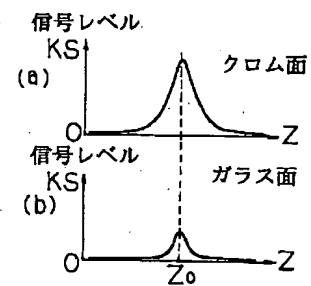
【図1】



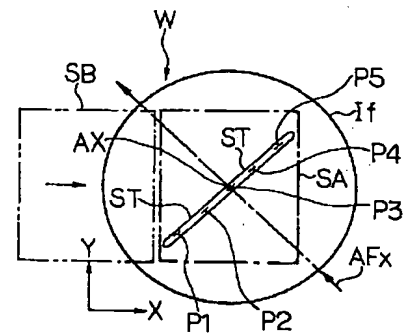
【図2】



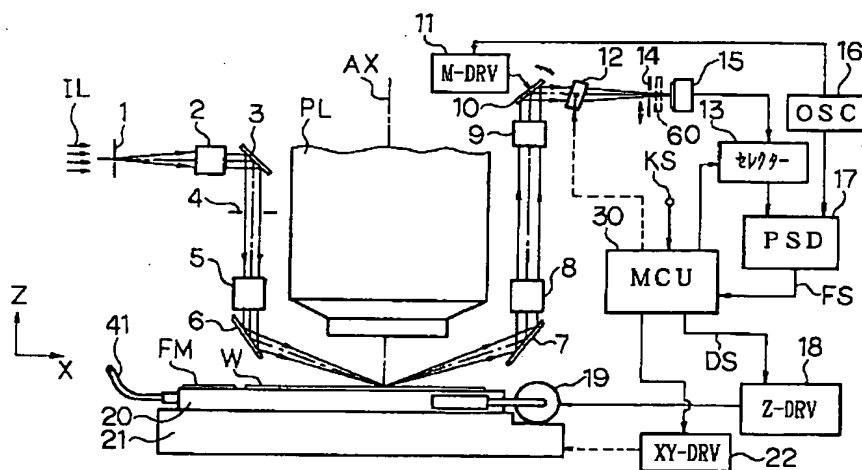
【図3】



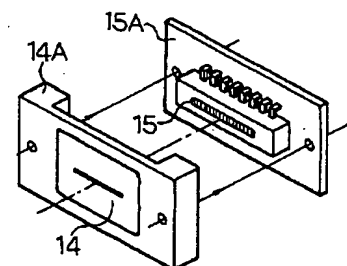
【図5】



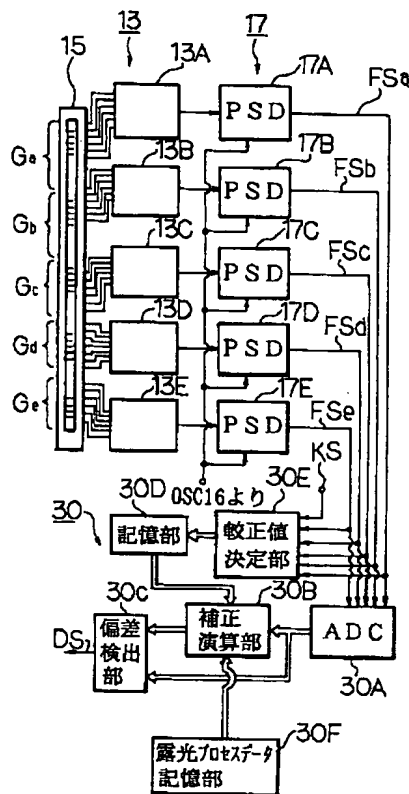
【図4】



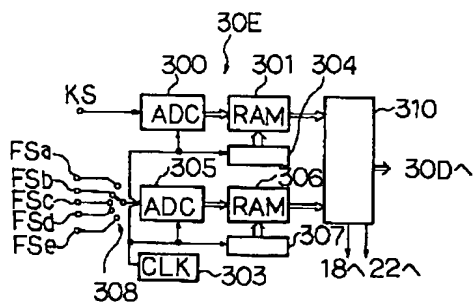
【図6】



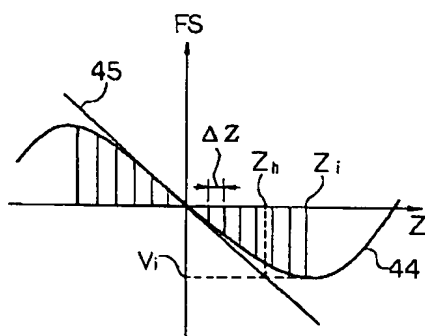
【図7】



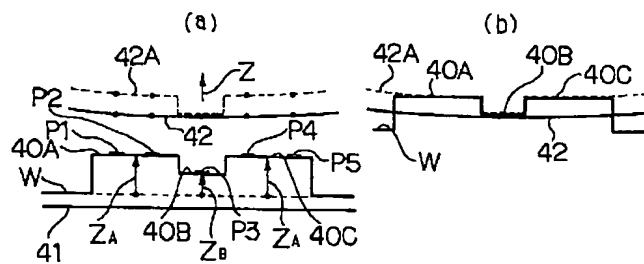
【図9】



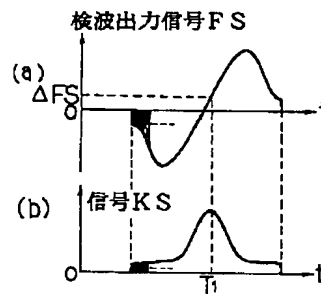
【図13】



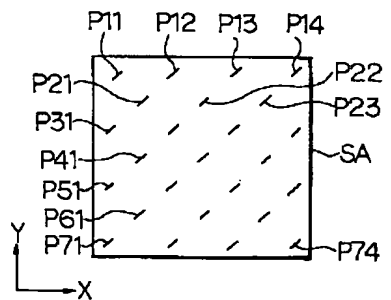
【図8】



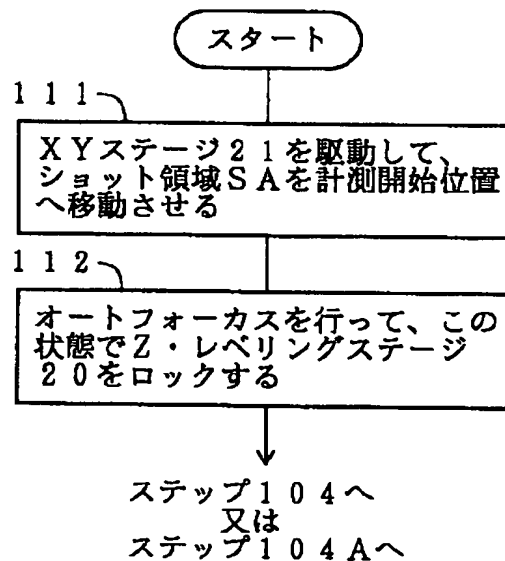
【図10】



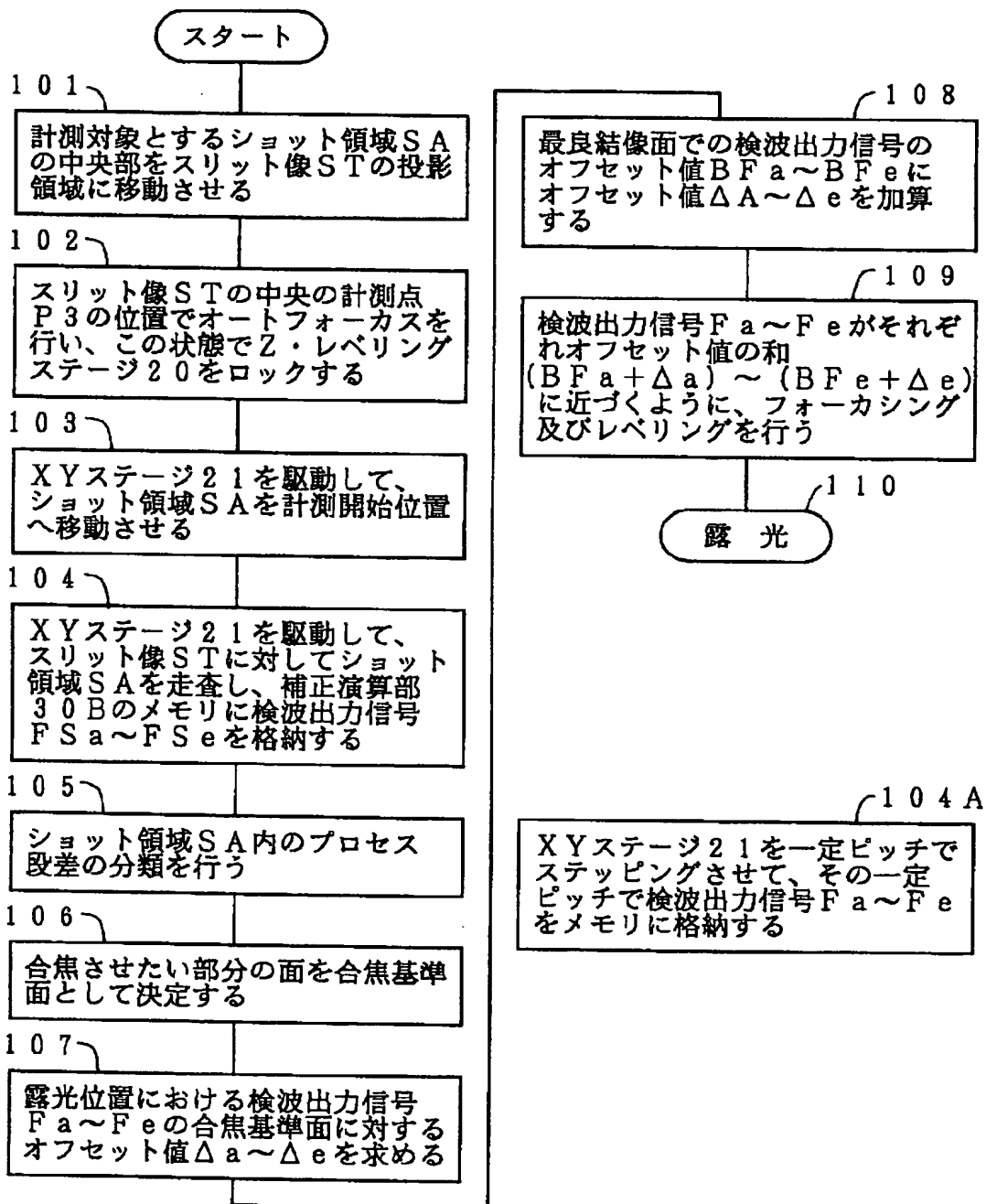
【図14】



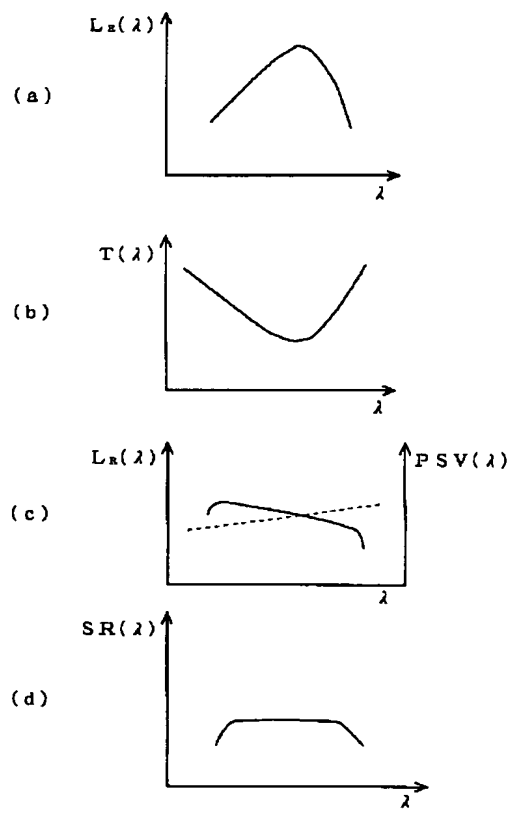
【図12】



【図11】



【図15】



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成 14 年 6 月 28 日 (2002. 6. 28)

【公開番号】特開平 8-37149

【公開日】平成 8 年 2 月 6 日 (1996. 2. 6)

【年通号数】公開特許公報 8-372

【出願番号】特願平 7-72874

【国際特許分類第 7 版】

H01L 21/027

G03B 27/32

G03F 7/207

【F I】

H01L 21/30 526 B

G03B 27/32 F

G03F 7/207 H

【手続補正書】

【提出日】平成 14 年 3 月 26 日 (2002. 3. 26)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、  
前記基板を保持して前記投影光学系の光軸に垂直な平面内で前記基板の位置決めを行う基板ステージと、  
前記基板の傾斜角及び前記基板の前記投影光学系の光軸方向の高さを調整するフォーカス・レベリングステージと、  
前記感光性の基板に対して非感光性の光を用いて、前記投影光学系の光軸に対して斜めに前記投影光学系による露光領域内の複数の計測点上に焦点検出用のパターンの像を投影する投射光学系と、  
前記複数の計測点からの反射光を集光して前記複数の計測点上の焦点検出用のパターンの像を再結像する受光光学系と、  
該受光光学系により再結像された複数の像のそれぞれの横ずれ量に対応した検出信号を生成する複数の光電検出手段と、  
該複数の光電検出手段からの検出信号に基づいて前記フォーカス・レベリングステージの動作を制御する制御手段と、を有する投影露光装置において、  
前記複数の計測点に対応する前記光電検出手段のそれぞれの検出信号、及び前記基板の露光面のプロセス構造に基づいて、前記複数の計測点毎に独立に前記基板上の合焦の基準面を前記投影光学系による像面に合わせ込むた

めのオフセット値を求める演算手段を設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影した状態で、前記基板ステージを駆動して前記基板を走らせることにより、前記露光領域内の全面に分布する複数の計測点でそれぞれ対応する前記光電検出手段の検出信号を求め、

前記演算手段は、前記全面に分布する複数の計測点での前記光電検出手段の検出信号、及び前記基板の露光面のプロセス構造に基づいて、前記複数の計測点毎に独立に前記基板上の合焦の基準面を前記投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求めることを特徴とする請求項 1 記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影する際に使用される光束を、100nm 以上の帯域幅を有する光束とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記投射光学系内から前記複数の光電検出手段までの光路上に、前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタを配置することを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記演算手段は、前記複数の計測点毎に独立に求められるオフセット値を用いて、前記投影光学系による結像面の高さに応じた目標値を補正することを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の投影露光装置。

【請求項 6】 前記基板上の合焦の基準面は、前記マスクパターンのうち最も線幅の狭いパターンが露光される

領域を含むことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 7】 前記演算手段は、前記投影光学系の結像特性に応じた第 2 のオフセット値を前記複数の計測点毎に独立に求めることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 8】 前記複数の計測点に対して前記基板上のショット領域を走査することにより、前記ショット領域内の凹凸分布を求め、前記演算手段は、前記凹凸分布に

基づいて、前記複数の計測点毎に独立に前記基板上の合焦の基準面を前記投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求めることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 9】 前記演算手段は、前記投影光学系の結像面と前記基板ステージの走り面との偏差を記憶し、この偏差量を加算して前記凹凸分布を求めることを特徴とする請求項 8 に記載の投影露光装置。



## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CORRECTION OR AMENDMENT**


---

[Kind of official gazette]Printing of amendment by regulation of Patent Law Article 17 of 2  
 [Section Type] The 2nd Type of the part VII gate  
 [Publication date]Heisei 14(2002) June 28 (2002.6.28)

[Publication No.]JP,8-37149,A  
 [Date of Publication]Heisei 8(1996) February 6 (1996.2.6)  
 [Annual volume number] Publication of patent applications 8-372  
 [Application number]Japanese Patent Application No. 7-72874  
 [The 7th edition of International Patent Classification]

H01L 21/027

G03B 27/32

G03F 7/207

[F1]

H01L 21/30 526 B

G03B 27/32 F

G03F 7/207 H

[Written Amendment]

[Filing date]Heisei 14(2002) March 26 (2002.3.26)

[Amendment 1]

[Document to be Amended]Description

[Item(s) to be Amended]Claims

[Method of Amendment]Change

[Proposed Amendment]

[Claim(s)]

[Claim 1]A projection optical system which projects a mask pattern on a photosensitive substrate,

A substrate stage which holds said substrate and positions said substrate in a flat surface vertical to an optic axis of said projection optical system,

A focal leveling stage which adjusts an angle of inclination of said substrate, and height of an optical axis direction of said projection optical system of said substrate,

A projection optical system which projects an image of a pattern for focus detection aslant to an optic axis of said projection optical system using a nonphotosensitive light to said photosensitive substrate on a measure point of plurality in an exposure region by said projection optical system,

A light-receiving optical system which condenses catoptric light from said two or more measure points, and carries out re-image formation of the image of a pattern for focus detection on said two or more measure points,

Two or more photoelectric detection means to generate a detecting signal corresponding to each amount of strike slips of two or more images in which re-image formation was carried

out by this light-receiving optical system,

In a projection aligner which has a control means which controls operation of said focal leveling stage based on a detecting signal from a photoelectric detection means of this plurality,

Each detecting signal of said photoelectric detection means corresponding to said two or more measure points, And a projection aligner establishing a calculating means which calculates an offset value for doubling a base level of a focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every based on a process structure of an exposure surface of said substrate.

[Claim 2] A detecting signal of said photoelectric detection means to correspond, respectively in two or more measure points distributed the whole surface in said exposure region is searched for by driving said substrate stage and running said substrate, where an image of a pattern for said focus detection is projected into an exposure region by said projection optical system from said projection optical system,

A detecting signal of said photoelectric detection means in two or more measure points when said calculating means is distributed all over said, And the projection aligner according to claim 1 calculating an offset value for doubling a base level of a focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every based on a process structure of an exposure surface of said substrate.

[Claim 3] The projection aligner according to claim 1 or 2 making light flux used when projecting an image of a pattern for said focus detection into an exposure region by said projection optical system from said projection optical system into light flux which has the bandwidth of not less than 100 nm.

[Claim 4] On an optical path to [ out of said projection optical system ] said two or more photoelectric detection means, The projection aligner according to claim 1, 2, or 3 arranging an optical filter for carrying out entropy of the wavelength sensitivity characteristic of light flux used when projecting an image of a pattern for said focus detection into an exposure region by said projection optical system from said projection optical system.

[Claim 5] The projection aligner according to claim 1, 2, 3, or 4, wherein said calculating means amends a desired value according to height of an image formation face by said projection optical system using an offset value independently calculated for said two or more measure points of every.

[Claim 6] The projection aligner according to any one of claims 1 to 5, wherein a base level of a focus on said substrate includes a field where a pattern with the narrowest line width is exposed among said mask patterns.

[Claim 7] The projection aligner according to any one of claims 1 to 6, wherein said calculating means calculates independently the 2nd offset value according to the imaging characteristic of said projection optical system for said two or more measure points of every.

[Claim 8] By scanning a shot region on said substrate to said two or more measure points, search for concavo-convex distribution in said shot region, and said calculating means, The projection aligner according to any one of claims 1 to 7 calculating an offset value for doubling a base level of a focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every based on said concavo-convex distribution.

[Claim 9] The projection aligner according to claim 8, wherein said calculating means memorizes a deviation of an image formation face of said projection optical system, and a run side of said substrate stage, adds this deviation amount and searches for said concavo-convex distribution.

---

[Translation done.]